

ROSANE HUPFELD BORN

BIOENSAIOS POR OMISSÃO DE MACRO E
MICRONUTRIENTES PARA MUDAS DE *Eucalyptus*
dunnii Maiden e *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau e título de Mestre em Ciências Florestais.

CURITIBA
1991

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

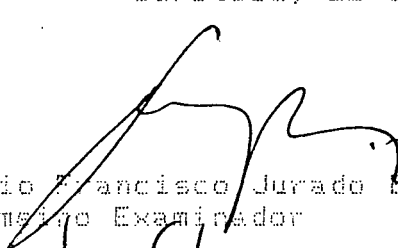
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata ROSANE HUPFELD BORN, sob o título "BIOENSAIOS POR OMISSÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES PARA MUDAS DE *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

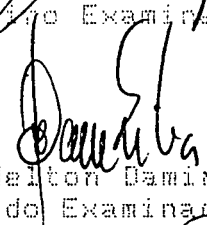
Observação.

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, APROVADA ou NÃO APROVADA.

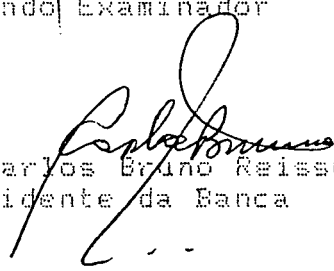
Curitiba, 22 de agosto de 1991



Prof. Dr. Antonio Francisco Jurado Bellote
Primeiro Examinador



Prof. M.Sc. Helton Damin da Silva
Segundo Examinador



Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Presidente da Banca

A

**Ocimar
Stefan
Robert**

Dedico

II

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, orientador, mestre e amigo em todas as fases deste trabalho;
- Ao Prof. Dr. José Geraldo de Araújo Carneiro, co-orientador, pelo apoio e orientação nos parâmetros morfológicos estudados;
- Ao Dr. Rui Fernando Romero Monteiro, pela acolhida amistosa no Centro de Pesquisa Florestal da Klabin do Paraná Agro-Florestal S/A;
- Klabin do Paraná Agro-Florestal S/A, na pessoa de seu Gerente Florestal, Sr. Raul Mário Speltz, pelos recursos humanos e físicos oferecidos para a realização do experimento;
- EMBRAPA, na pessoa de Edilson Batista de Oliveira, pelo apoio na parte estatística;
- Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte financeiro, através de bolsa de estudos;
- Prof. Dra. Beatriz Montserrat Prevedello, pelo apoio e incentivo;
- Aos Laboratoristas, Cleusa Maria Barth e Aldair Marty Munhoz, pela colaboração nas análises químicas;
- Ao amigo, Emílio Trevisan, pela amizade e incentivo;
- Aos meus pais e sogros, Rolf e Lorita, Wilmar e Bertha, pelo apoio e carinho em todas as fases de minha vida;
- A todos aqueles, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta meta.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO	XII
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	02
2.1 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS	02
2.2 ASPECTOS DA NUTRIÇÃO DE <i>Eucalyptus sp</i>	06
2.3 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	21
3.2 CLIMA	21
3.3 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA	21
3.4 GEOLOGIA	22
3.5 SOLOS	22
3.6 PLANO DO EXPERIMENTO	24
3.7 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA	25
3.8 MENSURAÇÕES	28
3.9 ANÁLISE FOLIAR	29

SUMÁRIO

	Página
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA NUTRICIONAL	30
4.1.1 Testemunha	30
4.1.2 Completa	30
4.1.3 Deficiência de Nitrogênio	31
4.1.4 Deficiência de Fósforo	31
4.1.5 Deficiência de Potássio	32
4.1.6 Deficiência de Cálcio	33
4.1.7 Deficiência de Magnésio	34
4.1.8 Deficiência de Boro	35
4.1.9 Deficiência de Cobre e Zinco	35
4.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS	36
4.2.1 Desenvolvimento em Altura (cm.)	36
4.2.2 Diâmetro de Colo (mm.)	41
4.2.3 Relação H/D das Mudas	46
4.2.4 Peso Seco Aéreo (g.)	49
4.2.5 Peso Seco Radicular (g.)	54
4.3 NÍVEIS DE NUTRIENTES	59
4.3.1 Nitrogênio	63
4.3.2 Fósforo	64
4.3.3 Potássio	65
4.3.4 Cálcio	68
4.3.5 Magnésio	69
4.3.6 Boro	70

SUMÁRIO

	Página
4.3.7 Zinco	72
4.3.8 Cobre	73
5 CONCLUSÕES	74
6 APÊNDICE	76
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

LISTA DE TABELAS

1 - RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	Pg. 23
2 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	Pg. 23
3 - TRATAMENTOS EFETUADOS E NÚMEROS DE MUDAS POR TRATAMENTO EM CADA ESPÉCIE	Pg. 24
4 - TOTAL DO PRODUTO ADICIONADO POR ESPÉCIE, VOLUME DE SOLO E FONTE DE INFORMAÇÃO UTILIZADA	Pg. 26
5 - CRONOGRAMA DE ADUBAÇÃO PARA <i>Eucalyptus dunii</i> E <i>Eucalyptus grandis</i> , CONSIDERANDO OS DOIS SUBSTRATOS	Pg. 27
6 - MÉDIA DAS ALTURAS DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i>	Pg. 37
7 - MÉDIA DAS ALTURAS DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i>	Pg. 38
8 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DE COLO DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i>	Pg. 42
9 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DE COLO DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i>	Pg. 43

10 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i>	Pg. 46
11 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i>	Pg. 47
12 - MÉDIAS DO PESO SECO AÉREO DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i>	Pg. 50
13 - MÉDIAS DO PESO SECO AÉREO DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i>	Pg. 51
14 - MÉDIAS DO PESO SECO RADICULAR DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i>	Pg. 55
15 - MÉDIAS DO PESO SECO RADICULAR DAS MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i>	Pg. 56
16 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i> EM SOLO PROVENIENTE DE MANDAÇAIA (LVe).	Pg. 59
17 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE <i>Eucalyptus dunnii</i> EM SOLO PROVENIENTE DE TRINITA (PVa).	Pg. 60
18 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE <i>Eucalyptus grandis</i> EM SOLO PROVENIENTE DE MANDAÇAIA (LVe).	Pg. 61

19 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE
MUDAS DE *Eucalyptus grandis* EM SOLO PROVENIENTE
DE TRINITA (PVa).

Pg. 62

LISTA DE FIGURAS

- 1 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE ALTURA EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 39
- 2 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE ALTURA EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 39
- 3 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 44
- 4 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 44
- 5 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 48

6 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE RELAÇÃO H/D
EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA
E MANDAÇAIA Pg. 48

7 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE PESO SECO
AÉREO EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES
DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 52

8 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE PESO SECO
AÉREO EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES
DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 52

9 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE PESO SECO
RADICULAR EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES
DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 57

10 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE PESO SECO
RADICULAR EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES
DE TRINITA E MANDAÇAIA Pg. 57

BIOENSAIOS POR OMISSÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES
PARA MUDAS DE *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus grandis* Hill ex
Maiden

RESUMO

O presente trabalho, desenvolvido em casa de vegetação, trata de um experimento de omissão de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e B. Os solos utilizados como substrato foram classificados como Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro. Após a manifestação dos sintomas de deficiência, realizou-se a coleta das mudas para a análise foliar. Também foram feitas avaliações dos seguintes parâmetros morfológicos: altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação altura da parte aérea e diâmetro de colo; peso seco aéreo e peso seco radicular. Através da análise estatística e interpretação dos resultados obteve-se as seguintes conclusões: o P foi o elemento que afetou drasticamente o desenvolvimento das mudas, o N e K também afetaram negativamente, sendo que o Mg afetou de forma menos grave. Nas mudas de *E. dunnii* o B apresentou efeito depressivo no peso seco aéreo e radicular. De maneira geral, o Ca, Zn e Cu não afetaram os parâmetros morfológicos analisados.

1 INTRODUÇÃO

A introdução do **Eucalyptus** pela Cia. Paulista de Estradas de Ferro foi o marco inicial para a expansão desta cultura, que atualmente vem sendo largamente utilizada nos reflorestamentos da região Sul do país.

No entanto, os reflorestamentos com espécies exóticas de rápido crescimento, como o **Eucalyptus**, vem se expandindo em áreas marginais, o que tem acarretado diversos problemas nutricionais com consequente diminuição da produtividade. A solução para minimizar este problema está na promoção de estudos básicos sobre as exigências nutricionais destas espécies, adquirindo com isso conhecimentos para a utilização racional de fertilizantes.

Da mesma forma é preciso se antecipar a possíveis problemas nutricionais, em áreas de primeira, segunda ou mais rotações. Neste sentido, os estudos de omissão de nutrientes oferecem uma boa perspectiva na medida em que os elementos mais limitantes possam se manifestar quando da utilização deste recurso. Assim, o estudo não visa propriamente selecionar o melhor solo para substrato de viveiro nem efetivamente balancear formulações de adubos. Esta questão deverá ser elucidada numa segunda fase.

Diante do exposto, o presente trabalho visa trazer subsídios básicos aos estudos de fertilização em **Eucalyptus grandis** e **Eucalyptus dunnii**, com os seguintes objetivos:

a) Definir o(s) elemento(s) que limita(m) o desenvolvimento de mudas das duas espécies nos solos estudados.

b) verificar o efeito da omissão de um nutriente na concentração dos demais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS

Os parâmetros morfológicos são aqueles baseados nas características fenotípicas das mudas. Segundo CARNEIRO¹², a classificação morfológica considera os seguintes parâmetros: altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação entre a parte aérea e radicular. Outros parâmetros como rigidez da haste, comprimento das acículas, formação da haste e presença de micorrizas são também considerados.

Os parâmetros fisiológicos são baseados nas características internas das mudas. Segundo SCHIMDT-VOGT*, citado por CARNEIRO¹², os seguintes parâmetros podem ser diferenciados: potencial hídrico e estado nutricional das mudas. Pode-se acrescentar ainda a eco-fisiologia de raízes citada por BÖHM⁹. No presente trabalho somente foi abordado o estado nutricional das mudas, o qual será aprofundado mais adiante.

Segundo CARNEIRO¹¹, no entanto, não se deve utilizar somente um parâmetro para a classificação de mudas. Uma classificação baseada apenas na altura da parte aérea seria ineficiente, isto porque segundo SCHUBERT & ADAMS⁷¹, mudas altas e fracas seriam incluídas enquanto as vigorosas e baixas seriam rejeitadas.

Ainda segundo os mesmos autores, a altura das mudas sofre grande influência das técnicas de manejo como a densidade, poda de raízes, fertilidade do solo e disponibilidade hídrica nos tecidos das mudas.

* SCHMIDT - VOGT, H. *Morphologische und physiologische Eigenschaften von Pflanzen. Bedeutung und Bewertung. Forstw. Cbl.* 94: 19-28, 1975.

Existem várias classificações que incluem a altura como um dos parâmetros utilizados. ZANI FILHO et al⁸⁰ citam a seguinte classificação de mudas de eucalipto, na empresa Ripasa S/A - Celulose e Papel, com base na altura da parte aérea:

- a) Classe I - 13 a 18 cm
- b) Classe II - 18 a 24 cm
- c) Classe III - 24 a 31 cm
- d) Classe IV - acima de 31 cm.

As normas de produção de mudas florestais em vigor no Paraná e elaboradas pela secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (PARANÁ⁵⁶) indicam o seguinte padrão para mudas de **Eucalyptus** spp:

- recipiente dimensões (cm) - 5 x 15
- densidade máxima (m²) - 400
- altura da parte aérea (cm) - 15 - 25
- diâmetro de colo mínimo (mm) - 2,5

Obs. : admite-se até 15% de mudas refugadas.

O diâmetro de colo tem sido reconhecido até agora como um dos melhores indicadores da qualidade das mudas ,(CARNEIRO¹¹ e SCHUBERT & ADAMS⁷¹). Com base nesta variável, as mudas delgadas de grande comprimento aéreo são refugadas, o que não acontece com as de menor comprimento e maior diâmetro de colo, (CARNEIRO¹¹).

Vários pesquisadores tem demonstrado que existe uma forte correlação entre a sobrevivência das mudas no campo e o diâmetro de colo, (CARNEIRO¹¹ ; SCHUBERT & ADAMS⁷¹; STOECKELER & SLABAUGH⁷²).

Segundo SCHIMDT-VOGT⁶⁹ , o desenvolvimento em peso das mudas, depende do peso e procedência das sementes, da altitude e latitude do viveiro e do espaçamento das mudas nos canteiros.

Existem vários parâmetros referentes ao peso, tais como:

- a) determinação do peso total
- b) determinação do peso da parte aérea
- c) determinação do peso do sistema radicular
- d) determinação da percentagem de raízes.

O peso seco da parte aérea e da radicular só devem ser utilizados como variável para a classificação de mudas quando o comprimento da parte aérea for também considerado, (SCHIMDT-VOGT⁶⁹).

Normalmente, segundo CARNEIRO¹¹, uma muda com a parte aérea e radicular em equilíbrio tem maiores chances de sobrevivência no campo do que as mudas fora deste equilíbrio, principalmente quando o sistema radicular é menor que a parte aérea.

Segundo SCHIMDT-VOGT⁶⁹, plantas com maior peso do sistema radicular proporcionalmente a parte aérea tem maiores chances de sobrevivência.

Uma árvore bem balanceada tem uma alta proporção do seu peso total nas raízes. Estas plantas tem uma chance maior de sobreviver sob alta transpiração e em sítios com déficit hídrico, (STOECKELER & SLABAUGH⁷²).

LIMSTROM⁴⁰ considera como eficiente, para a determinação da qualidade de mudas, a relação entre o comprimento do sistema radicular e da parte aérea, assim como também os pesos desses parâmetros.

KAUL et al³² realizaram ensaios de omissão de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) com mudas de **Eucalyptus "hybrid "**. Os resultados demonstraram que nos tratamentos com omissão de N e P ocorreu uma grande redução do crescimento em altura, da produção de matéria seca da parte aérea, radicular e total e da área foliar.

Em experimento análogo KAUL et al³⁴, trabalhando com mudas de **Eucalyptus grandis**, obtiveram resultados semelhantes, além de uma redução do diâmetro de colo nas omissões de N e Mg.

KAUL et al³⁵ desenvolveram o mesmo ensaio com mudas de **Eucalyptus globulus**. Observaram que nos tratamentos com omissão de N, P e K ocorreu uma redução no peso seco radicular, no crescimento em altura e no diâmetro de colo. também relataram que a produção de matéria seca aérea e total é mais afetada pelas omissões de N e P.

ROCHA FILHO et al⁶² cultivaram mudas de **Eucalyptus urophylla** em soluções com omissão de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Fe. Verificaram que as omissões afetaram sensivelmente a produção de matéria seca total, exceto na omissão de S que apresentou produção maior que as plantas cultivadas em solução completa. Os tratamentos que mostraram maior efeito depressivo na produção de matéria seca aérea e total foram as omissões de N e Fe, e na radicular, além das citadas, a de Mg.

Em experimento sobre as exigências de N, P e K em mudas de **Eucalyptus "hybrid"**, KAUL et al³³ observaram que a sobrevivência das mudas diminuiu com o aumento da dose de N, sendo o inverso verificado para o aumento de P. Quando o nível de P é zero, a mortalidade é alta. O K não tem efeito significativo na sobrevivência e no crescimento das mudas, enquanto N e P, tem efeito no crescimento das plantas.

Em estudo realizado por ROCHA FILHO et al⁵⁴, mudas de **Eucalyptus grandis** foram cultivadas em três níveis de P, B, Zn e dois de calagem. Os resultados demonstraram que a calagem e a adubação com P aumentam o crescimento e a produção de matéria seca total. A adição de B no solo provocou efeito de interação com calagem, P e Zn ocasionando tanto aumento como diminuição no seu crescimento. A adição de Zn ao solo interagiu com B e P diminuindo o crescimento.

HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹ desenvolveram experimento com omissão de macronutrientes em mudas de **Eucalyptus " hybrid"**. Observaram que nas omissões de N, P e S ocorreu drástica redução no crescimento em altura, e nas de Ca e Mg o crescimento foi semelhante ao da solução completa.

NOVELINO et al⁵¹ testaram o crescimento de mudas de **Eucalyptus camaldulensis**, **Eucalyptus citriodora**, **Eucalyptus grandis** e **Eucalyptus paniculata** em solução nutritiva com cinco níveis de B (0,0; 0,02; 0,10; 0,50; e 2,50 ppm). Os níveis que apresentaram a maior produção de matéria seca para cada espécie foram: **Eucalyptus camaldulensis**, entre 0,00 e 0,02 ppm; **Eucalyptus citriodora** e **Eucalyptus grandis** em torno de 0,10 ppm; e **Eucalyptus paniculata** em torno de 0,50 ppm.

LACEY et al³⁷ estudando o aumento do suprimento de P em **Eucalyptus grandis** cultivados em solução nutritiva encontraram um aumento do peso seco das mudas e uma diminuição na relação parte aérea e radicular.

ROCHA FILHO et al⁶³ cultivaram mudas de **Eucalyptus grandis** em solução nutritiva com níveis crescentes de B (0,0; 0,125; 0,250; 0,500; 1,000; 2,000 e 4,000 ppm). Observaram que a produção da matéria seca na parte aérea é inibida pela falta ou excesso de B (1,000; 2,000 e 4,000 ppm) no substrato.

DANIELS¹⁵ realizou experimento com adubação em viveiro de mudas de **Eucalyptus grandis**. Os resultados encontrados demonstram que a aplicação de fosfato misturado previamente ao solo dobra a altura das mudas nas primeiras 6 semanas. Por outro lado a adição somente de nitrato é prejudicial ao crescimento em altura. Também observou que a mortalidade diminuiu com a adição de fosfato ao solo.

2.2 ASPECTOS DE NUTRIÇÃO DE **Eucalyptus spp**

O estado nutricional é considerado por KRAMER & KOZLOWSKI³⁶ como um fator muito importante da fisiologia da árvore, porque o suprimento adequado de certos elementos minerais é essencial para o sucesso do seu crescimento. A integração entre a experimentação, análise de solo e análise foliar, pode fornecer os subsídios para uma orientação segura das necessidades nutricionais das espécies florestais, segundo BALLONI².

No Brasil, o conhecimento das exigências nutricionais das espécies florestais é relativamente pequeno e frequentemente limitado a condições específicas de solo.

KAUL et al³² realizaram experimento com a finalidade de avaliar a composição química de um **Eucalyptus "hybrid"**. As mudas foram cultivadas em solução nutritiva completa e com omissões de N, P, K, Ca, Mg e S. Os autores encontraram os seguintes valores respectivamente para a composição foliar nas omissões e solução completa: 1,20 e 1,97% de N; 0,20 e 0,34% de P; 1,18 e 2,29% de K; 0,66 e 1,48% de Ca; 0,13 e 0,26% de Mg e 1,40 e 1,48% de S. Em 1968, KAUL et al³⁴ desenvolveram o mesmo ensaio utilizando **Eucalyptus grandis**. Os valores encontrados para a composição nas omissões e solução completa foram respectivamente os seguintes: 1,15 e 2,38% de N; 0,085 e 0,21% de P; 0,40 e 0,80% de K; 0,56 e 0,84% de Ca; 0,12 e 0,29% de Mg e 0,17 e 0,33% de S.

KAUL et al³⁵ repetiram o ensaio com **Eucalyptus globulus**. Os valores observados respectivamente para a composição foliar nas omissões e solução completa foram: 0,98 e 2,10% de N; 0,14 e 0,27% de P; 0,47 e 1,05% de K; 1,28 e 1,50% de Ca; 0,17 e 0,30% de Mg e 0,11 e 0,31% de S.

Em um ensaio com solução nutritiva WILL⁷⁸ utilizou as espécies **Eucalyptus pilularis**, **Eucalyptus botryoides** e **Eucalyptus saligna** com a finalidade de verificar a concentração de N, P e K na ausência e presença dos elementos, obtendo os seguintes resultados respectivamente. **Eucalyptus pilularis**: 1,24 e 1,66% de N; 0,08 e 0,24% de P e 0,35 e 1,90% de K. **Eucalyptus saligna**: 1,70 e 1,90% de N; 0,09 e 0,22% de P e 0,37 e 1,90% de K. **Eucalyptus botryoides**: 1,40 e 1,81% de N; 0,08 e 0,16% de P e 0,36 e 1,60% de K.

ROCHA FILHO et al⁶² realizaram experimento com mudas de **Eucalyptus urophylla**, cultivadas em solução nutritiva com omissões de N, P, K, Ca, Mg, S, B, e Fe, com o objetivo de estudar os efeitos da carência dos mesmos. Verificaram que as plantas apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos nas folhas foram os seguintes: N - 0,69%; P - 0,04%; K - 0,14%; Ca - 0,04%; Mg - 0,05%; S < 0,05%; B - 8,00 ppm e Fe - 50,00 ppm.

HAAG* citado por BELLOTTE⁶, analisando a composição química de mudas de **Eucalyptus tereticornis** para micronutrientes em folhas superiores e inferiores, encontrou respectivamente: 83 e 176 ppm de B; traços e 17,2 ppm de Cu; 164 e 310 ppm de Fe; traços e 113 ppm de Mn; 0,47 e 2,20 ppm de Mo e 15,7 e 15,5 ppm de Zn.

ROCHA FILHO et al⁶³ realizaram experimento para obter o quadro sintomatológico de carência e toxicidade de B em **Eucalyptus grandis** e determinar o "nível crítico" das mudas cultivadas em solução com níveis crescentes de B (0,0; 0,125; 0,250; 0,500; 1,000; 2,000 e 4,000 ppm). Observaram que os sintomas de carência manifestam-se nas folhas novas apresentando concentrações de 46 ppm e os sintomas de excesso estão associados a concentrações superiores a 100 ppm. A "concentração crítica" de B nas folhas novas é em torno de 61 ppm.

MALAVOLTA et al⁴⁴ cultivaram mudas de **Eucalyptus citriodora**, **Eucalyptus grandis** e **Eucalyptus urophylla** em solução nutritiva com níveis crescentes de B (0,0; 0,01; 0,5 e 10 ppm). Os sintomas de carência evidenciaram-se primeiramente em **Eucalyptus citriodora**, seguindo-se **Eucalyptus grandis** e finalmente **Eucalyptus urophylla**. Quanto a toxicidade, a sensibilidade das três espécies foi em ordem inversa. Os teores foliares de B (ppm de matéria seca) na omissão foram: **Eucalyptus citriodora**- 27 ppm nas folhas com sintomas e 37 ppm sem sintomas; **Eucalyptus grandis**- 31 ppm nas folhas com e sem sintomas e **Eucalyptus urophylla**- 31 ppm nas folhas com sintomas e 37 ppm nas sem sintomas.

* HAAG, H.P. 1979 (Comunicação pessoal)

LACEY et al³⁷ estudaram o aumento de suprimento de P em mudas de **Eucalyptus grandis** cultivadas em solução nutritiva. Observaram um incremento na concentração de N, P e K nos tecidos, uma redução de Ca e nenhuma alteração de Mg. O nível crítico de P foi de 0,11%.

Em trabalho realizado com mudas de **Eucalyptus alba**, HAAG et al²⁶ estudaram os efeitos das deficiências de macronutrientes na composição química. Os resultados mostraram diferentes níveis do elemento nos tratamentos com omissão e completo nas diversas partes da planta. Folhas superiores: 0,84 e 1,73% de N; 0,09 e 0,12% de P; 0,70 e 1,13% de K; 0,16 e 0,30% de Ca; 0,21 e 0,52% de Mg e 0,16 e 0,26% de S. Folhas inferiores: 0,89 e 1,23% de N; 0,05 e 0,10% de P; 0,55 e 0,95% de K; 0,32 e 0,34% de Ca; 0,21 e 0,51% de Mg e 0,09 e 0,26% de S. Os autores concluíram que comparando os resultados analíticos obtidos no experimento com os provenientes de material de campo, os primeiros podem ser de grande utilidade para o reconhecimento de deficiências minerais em plantios de eucaliptos.

MARZO & MARCOS⁴⁷ estabeleceram para mudas de **Eucalyptus globulus**, cultivadas em solução nutritiva, os seguintes teores de Ca para as folhas superiores, médias e inferiores respectivamente nos estados de carência 0,60; 0,65 e 1,40%; suficiência 0,65 a 0,80; 0,75 a 0,90 e 1,45 a 1,70% e toxidez >0,80; >0,90 e >1,70%.

Ensaio realizado em viveiro para investigar os níveis críticos de N que para **Eucalyptus rostrata** e **Eucalyptus saligna** é de 2,4 a 2,8%, para **Eucalyptus delegatensis** de 2,0 a 2,3% e para **Eucalyptus pilularis** de 1,7 a 1,9%⁶⁸

Conduzindo experimentos em vasos com solos deficientes em N, GONZALES ESPARCIA & GARCIA NUNO²⁵ estabeleceram correlação entre crescimento, medido através do peso seco e concentração do elemento nas folhas, verificando que a concentração crítica de N em **Eucalyptus globulus** é da ordem de 1,65% e em **Eucalyptus rostrata** é de 1,50%.

ROCHA FILHO et al⁶⁵ estudaram o efeito da aplicação de P, B, Zn e calagem no teor de macronutrientes em mudas de **Eucalyptus grandis**. As mudas foram cultivadas com os seguintes níveis de P (0; 16 e 32 ppm), de B (0; 2 e 4 ppm), de Zn (0; 3 e 6 ppm) e calagem (0 e 6,0 de CaCO_3 + 2,5g de MgCO_3) por vaso. Os resultados encontrados foram que a dose de 4 ppm de B interage com a calagem diminuindo a concentração de N das folhas superiores. Ocorreu interação calagem x P, diminuindo o teor de K das folhas. As interações calagem x fósforo x boro e calagem x boro x zinco alteraram as concentrações de Mg nas folhas e a primeira alterou também a concentração de P.

COUTO et al¹⁴ conduziram experimento visando avaliar o crescimento de mudas de **Eucalyptus grandis** em resposta a aplicação de 6 níveis de Zn. Não foi observada resposta a aplicação de Zn, mesmo quando o teor de Zn no solo era próximo a zero. Os resultados sugeriram que o eucalipto tem uma elevada capacidade de absorção e/ou baixa exigência metabólica para o Zn. A concentração crítica de Zn na parte aérea é menor que 11 ppm.

BARROS et al³ citaram níveis críticos de nutrientes no solo para mudas de eucalipto em viveiro. Os níveis respectivamente para solo argiloso e arenoso são: P - 60 a 5 e 80 a 20 ppm, sendo que o primeiro valor é indicado para produção em 70 dias e o segundo em 130 dias; K 15 e 15 ppm; S 2 e 11 meq/100cm³; Ca 0,2 e 0,2 meq/100cm³; Mg 0,1 e 0,1 meq/100cm³; Zn 0,4 e 0,4 ppm; Fe 10 e 10 ppm e Mn 1,0 e 1,0 ppm.

Segundo os mesmos autores a recomendação de adubação misturada ao solo para mudas de eucalipto produzidas em sacos plásticos com volume de 260 cm³ é de 160 g/m³ de N; 640 g/m³ de P_2O_5 ; 160 g/m³ de K_2O e 80 g/m³ de S.

Em experimento com mudas de **Eucalyptus grandis**, em diferentes idades NOVAIS et al⁵³ determinaram os níveis críticos de P no solo pelo extrator Mehlich-1. O nível crítico de 52 ppm de P aos 84 dias caiu para 12 ppm aos 133 dias. Os resultados sugerem que para avaliar o nível crítico de P no solo deve-se considerar a idade da planta.

NOVAIS et al⁵² conduziram experimento com mudas de **Eucalyptus grandis** e **Eucalyptus cloëziana** para determinar o nível crítico de K no solo pelo extrator Mehlich. Os resultados demonstraram que o nível se encontra abaixo de 9 ppm para **Eucalyptus grandis** quando o solo é pobre em Ca + Mg. A concentração crítica de K na parte aérea das plantas aos 100 dias de idade, está entre 0,33 e 0,81% para **Eucalyptus grandis** e entre 0,70 e 1,38% para **Eucalyptus cloëziana**.

2.3 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

As deficiências nutricionais promovem alterações no metabolismo das plantas, as quais frequentemente modificam os aspectos morfológicos e anatômicos, caracterizando de maneira visível muitas dessas deficiências, segundo EPSTEIN¹⁹; KRAMER & KOSLOWSKI³⁶.

Os sintomas visuais são indicadores valiosos do estado nutricional das plantas, podendo revelar a natureza de uma deficiência aguda, mas são menos eficientes em casos como a da chamada "fome oculta". No entanto, o observador treinado poderá distinguir uma árvore sadia de outra carente nutricionalmente, (SWAN⁷³).

Apesar das limitações mencionadas, não há dúvida de que os sintomas visuais são o método mais direto e prático empregado na pesquisa em nutrição de plantas, para se detectar uma deficiência, (BARROWS⁴).

Deficiência de Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento de extrema importância, uma vez que em quantidade é o quarto nutriente mais abundante nas plantas. O estudo do papel do nitrogênio quase se confunde com a própria bioquímica, pois além de ser constituinte de compostos vitais (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas, etc.) e participar na formação da

clorofila, é essencial para a planta nas diversas fases de desenvolvimento, (EPSTEIN¹⁹; MALAVOLTA⁴⁵ ; MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência em nitrogênio são: restrição ao crescimento, folhas pequenas normalmente amareladas no início da carência, passando posteriormente num estágio mais avançado a cores laranja, vermelho e às vezes púrpura. Estes sintomas iniciam nas folhas mais velhas, (WALLACE⁷⁷).

Os sintomas iniciais de carência de nitrogênio em **Eucalyptus urophylla** caracterizam-se, segundo ROCHA FILHO et al⁶², pelo aparecimento nas folhas inferiores de uma clorose generalizada na área do limbo. Segundo MENGEL & KIRKBY⁴⁹, isto ocorre devido a proteólise que resulta num colapso dos cloroplastos diminuindo o conteúdo de clorofila. Associada a esta clorose, observou-se a diminuição do crescimento da planta, quando comparada com a testemunha (cultivada em solução completa). Posteriormente a clorose caminhava no sentido das folhas mais novas e com a progressão da sintomatologia todas as folhas apresentavam sintomas de deficiência. As folhas mostravam no limbo uma coloração verde-limão, enquanto que as nervuras tinham uma cor levemente avermelhada. HAAG et al²⁶, em **Eucalyptus alba** observaram que neste estágio de carência apareceram também pequenas manchas avermelhadas no limbo e com o progredir da deficiência atingia a folha inteira. Outros sintomas descritos por ROCHA FILHO et al⁶² foram o crescimento reduzido do caule, dando à planta um porte baixo, internódios curtos, poucas folhas, sem ramificações laterais. KAUL et al³⁵ trabalhando com **Eucalyptus globulus** observou ainda que o sistema radicular era pouco desenvolvido, sendo a raiz principal pequena e fina e presença de poucas raízes laterais.

Os sintomas descritos acima estão de acordo com os trabalhos de WILL⁷⁹, em **Eucalyptus botryoides**, **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus pilularis**; com KAUL et al³⁴,

Eucalyptus grandis, HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹ e KAUL et al³² em **Eucalyptus "hybrid"**, MELLO et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³ em **Eucalyptus alba**.

Deficiência de Fósforo

O fósforo é o elemento cuja falta mais frequentemente limita a produção, nas regiões tropicais e subtropicais. Este elemento desempenha na planta várias funções relevantes podendo ser estrutural (fosfolipídeos de membrana), armazenamento de energia (trifosfato de adenosina - ATP) e fornecimento de energia para diversas reações e processos (fotossíntese, síntese de amido, absorção iônica). Ainda é constituinte de vários compostos vitais (fitina, lecitina e nucleotídeos), EPSTEIN¹⁹ ; MALAVOLTA⁴⁵ ; MENGEL & KIRKBY⁴⁹.

Os sintomas comuns de plantas com deficiências em fósforo são: o crescimento aéreo e radicular muito restrito, as folhas apresentam-se pequenas e com coloração púrpura, vermelha ou bronzeada. As ramificações laterais morrem ou permanecem dormentes, (WALLACE⁷⁷).

Em **Eucalyptus urophylla**, ROCHA FILHO et al⁶² observaram que os sintomas de deficiência de fósforo iniciam-se pelo surgimento de pontos cloróticos no limbo das folhas mais velhas que com a progressão dos sintomas tornam-se avermelhados crescendo em tamanho formando manchas maiores até alcançar a folha inteira o que, segundo MENGEL⁴⁸ é devido a formação de antocianina. Posteriormente, essas manchas necrosam e secam e em seguida ocorre a queda da folha. Quando comparadas com a testemunha (cultivada em solução completa), as deficientes apresentam um porte vegetativo menor. Os sintomas descritos estão concordantes aos encontrados por HAAG et al²⁶ e MELLO et al*

* MELLO, H.A. et al. *Fertilidade*, 2:11, 1960.

citado por MALAVOLTA et al⁴³ em *Eucalyptus alba*. KAUL et al³², trabalhando com *Eucalyptus "hybrid"* observou ainda que não ocorre ramificações laterais, o que também foi encontrado por WILL⁷⁹ em *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus pilularis* e *Eucalyptus botryoides*. No entanto esses sintomas estão discordantes dos encontrados por HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹ em *Eucalyptus " hybrid"* onde observaram produção de numerosos ramos com um grande número de folhas sendo a maioria pequena e deformada, o que está de acordo com o que foi encontrado por KAUL et al^{34, 35} em *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus grandis*. Quanto ao desenvolvimento do sistema radicular KAUL et al³⁵ observaram em *Eucalyptus globulus* um desenvolvimento restrito com raiz principal pequena e presença de poucas raízes laterais.

Deficiência de Potássio

O potássio é responsável por numerosas funções, entre estas estão a abertura e fechamento dos estômatos, ativação de numerosas enzimas, turgor das células, ativação dos processos de fotossíntese e respiração, (LÄUCHLI & PFLÜGER ³⁹ e MENGEL & KIRKBY⁴⁹), na resistência a doenças (HUBER & ARNY³⁰), a geadas (MENGEL⁴⁸), à seca (DARST & WALLINGFORD¹⁶) e melhoria da qualidade do produto agrícola (USHERWOOD⁷⁵).

Os sintomas comuns de plantas com deficiências em potássio são: diminuição do crescimento apical, internódios mais curtos, clorose internerval nas folhas, desenvolvimento de pontos necróticos. Estes sintomas iniciam nas folhas mais velhas, (WALLACE⁷⁷).

ROCHA FILHO et al⁶² relataram que os sintomas iniciais de carência de potássio em **Eucalyptus urophylla** apareceram nas folhas medianas com pontuações cloróticas na área do limbo, nos espaços entre as nervuras. Com o tempo, os pontos se uniram formando faixas cloróticas, que se localizaram nas bordas e ápice das folhas. Posteriormente, as manchas tornaram-se necróticas, o que segundo MENGEL & KIRKBY ⁴⁹ é devido a síntese de aminas tóxicas como a agmatina e a putrescina. As folhas inferiores, nessa fase, mostravam também algumas pontuações cloróticas. Estes sintomas estão concordantes com os trabalhos de KAUL et al^{32, 34} em **Eucalyptus "hybrid"** e **Eucalyptus grandis**.

Em experimento com **Eucalyptus globulus**, KAUL et al³⁵ observaram que as mudas com deficiência mostravam o ápice e as margens das folhas enroladas para cima, iniciando nas folhas mais velhas e posteriormente atingindo toda a planta. WILL⁷⁹ em **Eucalyptus botryoides**, **Eucalyptus saligna** e **Eucalyptus pilularis**, observou a presença de internódios mais curtos na haste principal, enquanto que os ramos de primeira ordem começaram a desenvolver-se nas axilas de cada folha dessa haste. Registrou-se também o aparecimento de ramos de segunda ordem, dando às plantas um aspecto repolhudo.

Em **Eucalyptus "hybrid"** estudado por HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹ os sintomas de deficiência foram folhas com falta de turgidez e vergadas.

Deficiência de Cálcio

Este elemento possui uma função estrutural muito importante dentro da planta, é integrante da parede celular (pectato de cálcio) que é a principal substância da lamela média. O cálcio é indispensável na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico de várias famílias. Atua também na divisão da célula e no transporte e retenção de íons, segundo (EPSTEIN ¹⁹, MALAVOLTA ⁴⁵, MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência em cálcio são: as folhas mais novas podem ser severamente distorcidas com o ápice apresentando um gancho e as margens curvadas para baixo ou para cima, (WALLACE⁷⁷).

HAAG et al²⁶, em experimento com **Eucalyptus alba**, observaram que a deficiência de cálcio se manifestou por meio de redução de crescimento, leve clorose generalizada e aparecimento de áreas de coloração vermelha sobre as folhas. Estas áreas, com o progredir da deficiência, tornavam-se necróticas; as folhas secavam e caíam. As folhas mais velhas foram as primeiras a serem afetadas. Estes sintomas estão concordantes com os encontrados por MELLO* et al citado por MALAVOLTA et al⁴³ na mesma espécie. Porém, estão em desacordo com os encontrados por WILL⁷⁹, em **Eucalyptus pilularis**, **Eucalyptus botryoides** e **Eucalyptus saligna**, que observou como sintomas de carência, a seca e a morte das gemas terminais e dos ramos. Já KAUL et al³⁴ em **Eucalyptus grandis** observaram que as folhas mais novas apresentaram uma clorose internerval enquanto as folhas mais velhas tinham o ápice e os bordos encurvados. O crescimento em altura não foi afetado. KAUL et al³⁵ em **Eucalyptus globulus** não observaram nenhum sintoma de deficiência, exceto uma diminuição no seu crescimento. Em mudas de **Eucalyptus "hybrid"**, HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹ não observaram sintomas de deficiência até o final do experimento.

* MELLO, p. 13.

Deficiência de Magnésio

O magnésio é um dos constituintes da molécula de clorofila, sendo que corresponde a 2,7% do peso molecular das mesmas. Ativa numerosas enzimas e é cofator de quase todas as enzimas que ativam os processos de fosforilação, formando uma ponte entre o ATP e ADP e a molécula da enzima. Parece também estabilizar os ribossomos, os quais são necessários para a síntese de proteínas, (EPSTEIN¹⁹, MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência em magnésio são: efeitos cloróticos nas folhas, queda anormal das folhas, estes sintomas se iniciam nas folhas mais velhas, (WALLACE⁷⁷).

Os sintomas de deficiência de magnésio observados por ROCHA FILHO et al⁶² para **Eucalyptus urophylla** foram inicialmente uma clorose internerval no limbo, que evoluiu no sentido da nervura principal, sendo que estes sintomas se iniciaram nas folhas inferiores e medianas. Com a evolução dos sintomas a parte clorótica secava, porém o restante da folha ficava verde. Quando os sintomas chegavam às folhas superiores, os inferiores apresentavam manchas avermelhadas nas regiões internervais do limbo, formando na maioria das folhas, duas faixas paralelas uma de cada lado da nervura principal. Os sintomas descritos estão concordantes com os obtidos por HAGG et al²⁶ em **Eucalyptus alba**, KAUL et al³² em **Eucalyptus "hybrid"** e **Eucalyptus grandis**, e MELLO et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³ em **Eucalyptus alba**. Outro sintoma descrito por WILL⁷⁹ em **Eucalyptus botryoides** e **Eucalyptus saligna** foi que a carência de magnésio provocou o curvamento dos galhos e um aumento no tamanho das folhas.

*MELLO, p. 13.

Deficiência de Boro

Este elemento é necessário para a síntese de bases nitrogenadas como o uracil, sendo este componente essencial do RNA e consequentemente necessário para a síntese de proteínas. Outra importância do uracil é ser precursor da uridina difosfato glucose, uma coenzima essencial para a formação da sacarose, que é o açúcar mais importante nas plantas. Atua ainda na fotossíntese, estabilidade da membrana da célula, utilização de fosfato e biosíntese de carboidratos, (MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência em boro são: os pontos de crescimento são severamente inibidos, podendo ocorrer a morte da gema terminal. As folhas podem apresentar tecidos duros, secos e quebradiços. As raízes também apresentam necroses, (EPSTEIN¹⁹).

ACCORSI et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³, em experimento com **Eucalyptus tereticornis**, observaram que as folhas mais novas apresentaram clorose internerval iniciando nas margens progredindo em direção à nervura principal; junto a esta e às nervuras primárias a coloração permaneceu verde-escura. Ao longo das nervuras secundárias o tecido era verde com tonalidade púrpura. Sobre a face dorsal da folha a cor era verde-claro; as regiões de coloração mais escura junto das nervuras podem ser vistas da face dorsal, quando as folhas são expostas contra a luz. Ocorreu ainda uma paralisação no crescimento. SHORROCKS ⁷⁰, descreve que os sintomas de deficiência de boro para várias espécies de eucalipto iniciam -se por uma descoloração das folhas novas. As gemas apicais ficam quebradiças e morrem, as folhas logo abaixo frequentemente ficam cloróticas e caem. Em algumas espécies as folhas ficam com a cor púrpura, mas em outros a cor é amarelada. Estes sintomas descritos estão de acordo com os observados por SAVORY ⁶⁷, em várias espécies de **Eucalyptus**; ROCHA FILHO et al⁶³ em

*ACCORSI, W. R. et al. ⁷⁰ Reunião An. Soc. Bot. Brasil, 1961

Eucalyptus grandis e TOKESHI et al⁷⁴ em **Eucalyptus citriodora**. Ocorre ainda um atrofiamento do sistema radicular, segundo ROCHA FILHO et al⁶² em **Eucalyptus urophylla**.

Deficiência de Zinco

O zinco é essencial para a síntese do triptofano que é o precursor de ácido indolacético. A síntese de proteínas, a qual é influenciada pelo RNA, é regulada pela concentração de zinco. Possivelmente tem uma função no metabolismo da planta envolvendo a formação de amido, (MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência de zinco são: internódios curtos dando a planta o aspecto de roseta. As folhas em algumas espécies são cloróticas e em outras verde-escuro ou verde-azulado, podendo ainda apresentar-se torcidas e necróticas, (EPSTEIN¹⁹).

Os sintomas de deficiência de zinco obtidos por ACCORSI et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³ em **Eucalyptus tereticornis**, se apresentaram na forma de um encurtamento dos internódios conduzindo a formação de uma roseta pequena e estreita com folhas amareladas. No início, no entanto, os sintomas se mostraram na forma de áreas purpúreas distribuídas entre numerosas pontuações descoloridas, na face ventral das folhas. Havia também pequenas áreas circulares de tecido levemente colorido, com os bordos pardos; estes se achavam perto das margens das folhas longe da nervura principal. A lâmina era verde-pálida como um todo, aparecendo nas nervuras uma coloração mais escura.

*ACCORSI, p. 18.

Deficiência de Cobre

Cerca de 70% do total de cobre das folhas se encontram nos cloroplastos. Este elemento influencia o metabolismo de carboidratos, a fixação simbiótica de N^2 , a síntese de proteínas, além de ser componentes de muitas enzimas, (MENGEL & KIRKBY⁴⁹).

Os sintomas comuns de plantas com deficiência de cobre são: as folhas podem se apresentar cloróticas ou de azul esverdeado profundo com as margens enroladas. A casca das árvores frequentemente é áspera e pode exudar goma. Os brotos novos frequentemente apresentam "die back", (EPSTEIN¹⁹) .

ACCORSI et al^{*} citado por MALAVOLTA et al⁴³ observaram os sintomas de deficiência de cobre em **Eucalyptus tereticornis**, onde as folhas mais novas mostraram clorose internerval que era acompanhada de deformação do limbo. As margens apresentaram uma aparência irregular.

^{*} ACCORSI, p. 18.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi instalado no viveiro da Fazenda Monte Alegre pertencente às Indústrias Klabin do Paraná Agro-Florestal S/A no município de Telêmaco Borba, Paraná.

A fazenda situa-se entre os paralelos 24° 02' 02" e 24° 27' 48" de latitude Sul e entre os meridianos 50° 17' e 50° 55' de longitude oeste de Greenwich, com uma altitude média de 850 metros.

3.2 CLIMA

Segundo a classificação de KOPPEN e de acordo com MAACK ⁴², a região apresenta clima do tipo Cfb, ou seja, um clima mesotérmico, subtropical úmido, caracterizado por verões frescos, onde a ocorrência de geadas no inverno é frequente. A temperatura média anual está entre 16 e 19°C e a precipitação média 1.100 e 1.400 mm uniformemente distribuída durante o ano, (GOLFARI²⁴).

3.3 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA

A vegetação primária predominante nas áreas de estudo é do tipo Floresta Subtropical Perenifolia, de acordo com EMBRAPA & IAPAR ¹⁷, que apresenta geralmente três estratos: o superior, constituído por araucária, imbuia, cedro, canela e outras folhosas de grande porte; o médio por podocarpus, pimenteira, guamirim, erva-mate, bracatinga, caroba e outros, e o inferior por ervas, arbustos e gramíneas, sendo grande a incidência de capim-de-cachorro, sapé, uvarana, fetos arbóreos e samambaia.

3.4 GEOLOGIA

Os solos da região pertencem ao Carbonífero superior e ao Grupo Itararé, o qual inclui litologias indiscriminadas das formações Rio do Sul, Mafra e Campo Tenente, (MINEROPAR⁵⁰).

3.5 SOLOS

O solo 1 foi retirado da região denominada "Trinita" pertencente ao talhão 131, classificado como Podzólico Vermelho Amarelo; Tb ; álico/distrófico; com A moderado; textura arenosa/média; relevo forte ondulado, cujo material de origem é caracterizado como arenito, (LASO GORICOÏTS³⁸). Este solo foi coletado de 0-15 cm de profundidade, limitado pela espessura do horizonte A, que é de 19 cm.

O solo 2 foi retirado da região "Mandaçaia" pertencente ao talhão 170 , classificado como Latossolo Vermelho Escuro; álico; com A moderado; textura argilosa; relevo suave ondulado cujo material; de origem é caracterizado como ritmitos, (LASO GORICOÏTS³⁸). Este solo foi coletado de 0-10 cm de profundidade, limitado pela espessura do horizonte A, que é de 12 cm.

A escolha destes solos foi feita tendo em vista serem os mais representativos da região, (FINEP ²²).

Antecedendo a implantação do experimento, foi feita uma amostragem, tomando-se 10 amostras simples constituindo uma única amostra composta, que foi analisada quimicamente de acordo com os métodos descritos por EMBRAPA ¹⁸ para pH, P, Ca, Mg,K e Al e por RAIJ & QUAGGIO ⁶⁰ para H+Al e C. A análise foi realizada pelo laboratório de Química e Fertilidade do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias/UFPR, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 : RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

=====									
SOLOS									
pH	P	C	Al	H+Al	Ca+Mg	Ca	Mg	K	
(CaCl ₂)	ppm	%			m.eq./100 cm ³ de solo				
=====									
Podzólico Vermelho Amarelo (Trinita)									
4,0	3,0	1,3	1,7	5,7	2,0	1,5	0,5	0,01	
Latosolo Vermelho Escuro (Mandaçaia)									
3,9	2,0	2,5	2,6	10,0	1,5	0,9	0,6	0,03	
=====									

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo Laboratório de Física do mesmo Departamento, conforme metodologia descrita por BOUYOUCOS ¹⁰, e cujos resultados se encontram na Tabela 2.

TABELA 2 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

=====			
SOLOS	% Areia	% Silte	% Argila
=====			
Podzólico Vermelho Amarelo (Trinita)	86,0	4,0	10,0
Latosolo Vermelho Escuro (Mandaçaia)	54,0	6,0	40,0
=====			

3.6 PLANO DO EXPERIMENTO

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições e 10 tratamentos. A análise de variância foi realizada para cada solo separadamente. A comparação entre médias foi efetuada pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade, (PIMENTEL GOMES⁵⁸).

O experimento foi instalado em casa de vegetação e os tratamentos testados, seguindo-se o sistema de omissão de um nutriente essencial, conforme demonstrado na Tabela 3.

TABELA 3 - TRATAMENTOS EFETUADOS E NÚMERO DE MUDAS POR TRATAMENTO EM CADA ESPÉCIE

TRATAMENTO	Nº MUDAS /REP	Nº MUDAS /TRAT/SUBSTR	Nº MUDAS TRAT/2SUBSTR
T1-Testemunha (s/adubação)	20	60	120
T2-Completa (sol c/ N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn e Cu)	20	60	120
T3-Omissão de N	20	60	120
T4-Omissão de P	20	60	120
T5-Omissão de K	20	60	120
T6-Omissão de Ca	20	60	120
T7-Omissão de Mg	20	60	120
T8-Omissão de B	20	60	120
T9-Omissão de Zn	20	60	120
T10-Omissão de Cu	20	60	120
TOTAL/ESPÉCIE			1. 200

Com exceção da testemunha, todos os demais tratamentos receberam adubação com S, o qual não foi omitido. Como tratamento completo foi considerado somente a adubação com os elementos citados na Tabela 3.

As sementes foram fornecidas pelas Indústrias Klabin do Paraná Agro-Florestal S. A. O **Eucalyptus grandis** Hill ex-Maiden de procedência MOR-95B e o **Eucalyptus dunnii** Maiden do talhão COL-47B, ambos coletados em agosto de 1987.

Em 22 de março de 1988 as sementes das duas espécies foram colocadas para germinar em sementeiras com os dois substratos já peneirados através de malha 2 mm. As sementeiras foram cobertas com sombrite e as regas efetuadas duas vezes ao dia durante todo o período de germinação.

Cinquenta dias após a semeadura iniciou-se a repicagem para sacos plásticos com 7 cm de diâmetro e 18 cm de altura, com volume aproximado de 700 cm³.

As mudas foram selecionadas pelo seu aspecto geral, quando já possuíam dois pares de folhas. As mudas de **Eucalyptus grandis** foram repicadas 15 dias após as de **Eucalyptus dunnii**, devido a um desenvolvimento lento na sementeira.

3.7 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

As dosagens de cada elemento e a quantidade do produto incorporado ao substrato são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - TOTAL DO PRODUTO ADICIONADO POR ESPÉCIE, VOLUME DE SOLO E FONTE DE INFORMAÇÃO UTILIZADA

NUTRIENTE	RECOMENDAÇÃO	PROD. UTILIZADO *	Nº VASOS /ESPECIE**	VOL. SOLO NECESSÁRIO (m ³)	TOTAL DO PROD/ESPÉCIE (g)
NITROGÊNIO (1)	160 g N/m ³ (NH ₄ NO ₃)	Nitrato de Amônio	960	0,672	310,0
FÓSFORO (1)	640 g P ₂ O ₅ /m ³ (NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O)	Fosfato de sódio	960	0,672	837,0
POTÁSSIO (1)	160 g K ₂ O/m ³ KCl	Cloreto de Potássio	960	0,672	172,0
ENXOFRE (1)	80 g S/m ³ Na ₂ SO ₄	Sulfato de Sódio	1080	0,756	268,0
CÁLCIO (2)	75 g Ca/m ³ CaCl ₂	Cloreto de Cálcio	960	0,672	136,0
MAGNÉSIO (2)	45 g Mg/m ³ MgCl ₂ · 6H ₂ O	Cloreto de Magnésio	960	0,672	253,0
BORO (3)	0,75 g B/m ³ H ₃ BO ₃	Ácido Bórico	960	0,672	3,0
ZINCO (4)	2,5 g Zn/m ³ ZnSO ₄ · 5H ₂ O	Sulfato de Zinco	960	0,672	7,4
COBRE (4)	1,25 g Cu/m ³ CuSO ₄ · 5H ₂ O	Sulfato de Cobre	960	0,672	3,3

* Produtos P. A.

** Valor obtido retirando-se os vasos da testemunha e omissão

(1) - Segundo BARROS et al ³

(2) - Segundo REISSMANN (inf. pessoal), correspondendo a 750 kg/ha de calcário.

(3) - Segundo AMBERGER ¹ (modificado)

(4) - Segundo FINCK ²³ (modificado)

A quantidade de adubo, considerando ambos substratos foi calculada com base na recomendação da literatura e na percentagem do elemento mineral do produto utilizado, sendo estes dados adaptados ao volume de solo utilizado em cada tratamento.

A incorporação dos adubos foi feita em três etapas. A primeira foi adicionada ao solo através de regador para cada tratamento, tendo-se o cuidado que a mistura solo + solução nutritiva fosse homogênea. Nas demais etapas, a solução foi adicionada com auxílio de seringas descartáveis, uma para cada tratamento a fim de evitar contaminação. O cronograma de adubação é apresentado na Tabela 5.

TABELA 5 - CRONOGRAMA DE ADUBAÇÃO PARA *Eucalyptus dunnii* E *Eucalyptus grandis* CONSIDERANDO OS DOIS SUBSTRATOS.

NUTRIENTE TOTAL DO		ETAPAS DA ADUBAÇÃO (g.)		
	PRODUTO/ ESPÉCIE (g)	MAIO 11/05/88	JUNHO 10/06/88	AGOSTO (*) 18/08/88
N	310,0	100,0	105,0	105,0
P	837,0	837,0	—	—
K	172,0	60,0	56,0	56,0
S	268,0	135,0	133,0	—
Ca	136,0	75,0	61,0	—
Mg	253,0	140,0	113,0	—
B	3,0	3,0	—	—
Cu	7,4	7,4	—	—
Zn	3,3	3,3	—	—

* Esta última adubação não foi realizada no *Eucalyptus dunnii*, em função deste já se encontrar em estágio de crescimento avançado e apresentar sintomas característicos de deficiência.

As mudas de **Eucalyptus grandis** foram retiradas entre os dias 20 e 25 de outubro de 1988, com 7 meses de idade. As de **Eucalyptus dunnii** entre os dias 25 e 30 de agosto de 1988, com 6 meses.

3.8 MENSURAÇÕES

Os parâmetros morfológicos escolhidos para avaliar o crescimento das mudas foram:

- altura da parte aérea,
- diâmetro de colo,
- relação altura/diâmetro,
- peso seco aéreo,
- peso seco radicular.

Após a retirada das mudas do viveiro procedeu-se o corte à altura do colo. Posteriormente, efetuaram-se as medições de altura da parte aérea com auxílio de régua e diâmetro do colo com paquímetro.

A secagem da parte aérea foi realizada segundo rotina do Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR em estufas de circulação forçada a uma temperatura de 60 +/- 5° C até atingir peso constante. Idêntico procedimento foi realizado com as raízes, para que os tratamentos que apresentaram raízes muito finas (T e -P) não sofressem pulverização pela utilização de temperatura superior, segundo SCHUURMAN & GOEDWAAGEN* citados por BOHM⁹. Todos os dados foram registrados separadamente para cada muda.

* SCHUURMANN, J.J. & GOEDWAAGEN, M.A.J. *Methods for the examination of root systems and roots*. 2^o ed. Wageningen-Pudoc, 1971.

3.9 ANÁLISE FOLIAR

Para se proceder a análise foliar as amostras foram compostas das três repetições de cada tratamento. As análises de N e B nos tratamentos testemunha e omissão de P não foram realizadas devido à pequena quantidade de material existente nestes tratamentos.

A análise química foi realizada conforme metodologia descrita por HILDEBRAND²⁸. Primeiramente foi feita uma digestão do material a 450°C, seguida de solubilização em HCl a 10% e filtragem para balões volumétricos de 250 ml. Posteriormente foram determinados os seguintes elementos:

- P, através de colorimetria com vanadato-molibdato de amônio (cor amarela) em espectrofotômetro de absorção atômica (UV/VIS 554 da Perkin Elmer),
- Ca, Mg, com adição de nitrato de lantânio através de espectrofotômetro de absorção atômica (2380 da Perkin Elmer),
- Zn e Cu, através de espectrofotômetro de absorção atômica (2380 da Perkin Elmer).
- K, através do método fotométrico por emissão (2380 da Perkin Elmer).

O N através do método de Kjeldahl e o B por colorimetria com azomethine-H, segundo BASSON et al ⁵, após incineração a 450°C, segundo FIALA ²⁰.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

4.1.1 Testemunha

As plantas das duas espécies que não receberam qualquer tipo de tratamento, apresentaram um desenvolvimento muito reduzido, as mudas praticamente estagnaram desde a sua repicagem. Mostravam-se entretanto, com coloração típica das folhas das espécies e se mantiveram vivas até o final do experimento. O desenvolvimento radicular também foi muito afetado, apresentando raízes finas e em pequena quantidade.

As plantas testemunha, apesar do desenvolvimento precário e similar a do tratamento com omissão de P, apresentaram-se mais equilibradas no seu aspecto geral e como consequência deste equilíbrio sobreviveram até o final do experimento. Além do sentido comparativo, essas plantas serviram ainda para demonstrar que estes solos, quando utilizados para o plantio de Eucalipto, necessitariam de adubação para se obter um bom desenvolvimento das árvores.

4.1.2 Tratamento Completo

As duas espécies apresentaram bom desenvolvimento, aspecto geral vigoroso e sadio, ramificação abundante e as folhas de cor e tamanho típicos às espécies. O sistema radicular estava bem desenvolvido, com uma raiz principal longa e a presença de muitas raízes secundárias.

4.1.3 Deficiência de Nitrogênio

As plantas deficientes em N apresentaram uma clorose generalizada nas folhas inferiores, mais tarde as superiores também foram afetadas. A medida que a deficiência se acentuava a clorose passava a ter uma coloração verde-limão; apresentavam também manchas avermelhadas espalhadas por todo o limbo ficando a maior parte com um tom avermelhado. No aspecto geral as plantas eram pouco desenvolvidas e sem ramificações laterais. As folhas eram menores e em menor número enquanto que o sistema radicular mostrou-se com raízes secundárias mais finas e em menor quantidade quando comparadas ao tratamento completo.

A sintomatologia descrita está concordante com a observada por ROCHA FILHO et al⁶², em *E. urophylla*, HAAG et al²⁶, em *E. alba*, WILL⁷⁹, em *E. botryoides*, *E. saligna* e *E. pilularis*, KAUL et al^{34, 35}, em *E. grandis* e *E. globulus*, HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹, em *Eucalyptus "hybrid"* e MELLO et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³, em *E. alba*.

4.1.4 Deficiência de Fósforo

A deficiência de fósforo apresentou nas mudas de *E. grandis* e *E. dunnii* um desequilíbrio nutricional muito grande resultando em uma drástica redução do crescimento, semelhante a que ocorreu com as mudas da testemunha, porém até o final do mês de agosto todas as mudas de *E. grandis* morreram e as de *E. dunnii* apresentavam um tamanho reduzido, a maioria delas não passando do estágio de folhas cotiledonares e sua coloração assim como o do caule era avermelhado. As plantas não desenvolveram ramificações laterais e o sistema radicular era pouco desenvolvido.

*MELLO, p. 13.

A sintomatologia observada principalmente no que concerne ao reduzidíssimo desenvolvimento, não encontra similar na literatura. Manifestações semelhantes menos severas deste parâmetro foram observadas por ROCHA FILHO et al ⁶², HAAG et al ²⁶, e MELLO et al^{*}, citado por MALAVOLTA et al ⁴³. Concordante com a manifestação em termos de coloração (produção de antocianina) encontrou-se similar desde os trabalhos clássicos de EPSTEIN¹⁹, MENGEL⁴⁸, MENGEL & KIRKBY⁴⁹ até os específicos para o eucalipto, ROCHA FILHO et al⁶², em *E. urophylla*, HAAG et al ²⁶, em *E. alba*, MELLO et al^{*}, citado por MALAVOLTA et al⁴³, em *E. alba*, KAUL et al ³², em *E. "hybrid"*, WILL ⁷⁹, em *E. botryoides*, *E. saligna* e *E. pilularis*.

Reportando-se a trabalhos sobre composição química de sementes de plantas em geral, sabe-se que a primeira fonte de P a qual a planta tem acesso é a fitina, que encerra de 50-80% de P da semente, de acordo com PAGEL et al ⁵⁶, POPINIGIS⁵⁹. Considerando-se o reduzido tamanho da semente, o baixíssimo teor de P no solo (Tabela 1) e a alta exigência do eucalipto por este elemento, conclui-se que estes fatores são os responsáveis pelo efeito encontrado. Neste sentido, há trabalhos que registram alta taxa de mortalidade quando o P é omitido no substrato, (KAUL et al³³). Em contraposição o inverso é observado quando da adição de P ao solo, (DANIELS ¹⁵).

4.1.5 Deficiência de Potássio

As mudas deficientes em K apresentaram um crescimento reduzido, sendo que a sintomatologia foi menos intensa nas mudas de *E. dunnii*, no solo proveniente de Mandaçaia (LVe). O aparecimento dos sintomas iniciou-se nas folhas mais novas, as quais apresentaram

* MELLO, p. 13.

leve clorose que com a evolução da deficiência passou a ficar avermelhada e em alguns casos púrpura. As nervuras, contudo, se mantinham verdes. Mais tarde algumas folhas começaram a apresentar início de necrose no ápice das folhas, em outras havia a morte da gema apical. No aspecto geral as plantas apresentaram os internódios mais curtos, dando em alguns casos um aspecto de roseta. O sistema radicular apresentava a raiz principal mais curta e as partes mais novas das raízes secundárias necrosadas.

A sintomatologia descrita está concordante com as obtidas por NOVAIS et al⁵⁴ e, discordante das obtidas por ROCHA FILHO et al⁶² em *E. urophylla*, KAUL et al^{32, 34, 35} em *E. grandis*, *E. "hybrid"* e *E. globulus*, HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹, em *E. "hybrid"*. No entanto, a presença de internódios curtos (roseta) também foram observados por WILL⁷⁹ em *E. botryoides*, *E. saligna* e *E. pilularis*.

Considerando a alta mobilidade do K, segundo EPSTEIN¹⁹, MALAVOLTA et al⁴³, MENGEL & KIRKBY⁴⁹ era de se esperar que os sintomas se manifestassem nas folhas mais velhas. No entanto, o observado pode estar vinculado a outras interações que serão abordadas no item 4.3.3.

4.1.6 Deficiência de Cálcio

As mudas de *E. dunnii* crescendo em solo com omissão de Ca, apresentaram inicialmente uma clorose das folhas mais velhas e posterior necrose no ápice e bordos das folhas, ocorreram ainda pontuações avermelhadas sobre o limbo. Outras mudas apresentaram o ápice e os bordos encurvados para baixo. Estes sintomas somente apareceram no final do experimento. O crescimento em altura, a ramificação, o comprimento dos internódios e as raízes não foram afetadas sendo comparáveis ao tratamento completo.

As mudas de *E. grandis* não apresentaram nenhum sintoma até o final do experimento.

A sintomatologia descrita para o *E. dunnii* concorda em parte, com a relatada na literatura, pois apresenta um grau de severidade menor, HAAG et al ²⁶ para *E. alba*, MELLO et al* citado por MALAVOLTA et al⁴³ para *E. alba* e KAUL et al ³⁴ para *E. grandis*, (excetuando a clorose internerval nas folhas mais novas).

A falta de sintomas apresentados pelo *E. grandis* está discordante da encontrada por KAUL et al ³⁴ para a mesma espécie, no entanto concorda com HUSSAIN & THEAGARAJAN ³¹ para *E. "hybrid"*.

4.1.7 Deficiência de Magnésio

Os sintomas de deficiência de Mg foram os primeiros a se manifestar. Inicialmente ocorreu uma clorose internerval nas folhas mais velhas, que não chegou a afetar a nervura principal que permaneceu verde. Com a evolução dos sintomas foi observado uma necrose no ápice e bordas das folhas, que podia ser contínua ou não caminhando em direção à base da folha, fazendo com que estas ficassem com as bordas enroladas para baixo. O crescimento em altura bem como o radicular foram reduzidos, apresentaram ainda menor quantidade de ramificações.

Os sintomas encontrados estão concordantes em parte, apresentando um grau de severidade menor que a relatada na literatura, com os trabalhos de ROCHA FILHO et al ⁶² em *E. urophylla*, HAAG et al ²⁶, em *E. alba*, KAUL et al ^{32, 34}, em *E. "hybrid"* e *E. grandis* e MELLO et al*, citado por MALAVOLTA et al⁴³, em *E. alba*.

*MELLO,p. 13.

4.1.8 Deficiência de Boro

A deficiência de B somente se manifestou em algumas mudas das duas espécies. As folhas mais novas apresentaram leve clorose e necrose no ápice, com leve encurvamento do limbo para cima. Algumas destas mudas apresentaram um menor número de folhas e de ramificações. O sistema radicular apresentava uma menor quantidade de raízes secundárias.

A sintomatologia descrita está em parte concordante com a literatura consultada, não apresentando a coloração púrpura ou amarela que é relatada por SHORROCKS ⁷⁰ e SAVORY ⁶⁷ para várias espécies de *Eucalyptus*, ROCHA FILHO et al^{62, 63}, para *E. grandis* e *E. urophylla* e TOKESHI et al ⁷⁴, para *E. citriodora*.

Não foi observado o aspecto coriáceo e quebradiço das folhas citado por EPSTEIN ¹⁹ e MENGEL & KIRKBY⁴⁹.

4.1.9 Deficiência de Cobre e Zinco

Exceto por uma leve diminuição do crescimento das mudas do *E. dunni* em solo da região Mandaçaia (LVe), não foram observados outros sintomas. As plantas se apresentaram com tamanho e cor das folhas típicas à espécie. Os internódios, ramificação e sistema radicular apresentaram-se normais. O *E. dunni* em solo Trinita e o *E. grandis* em solo Trinita e Mandaçaia apresentaram-se normais e em alguns casos, embora não significativamente, pouco superior ao tratamento completo.

4.2 PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

O material de origem influencia as características dos solos que são determinantes do crescimento das árvores. No solo sobre arenito o crescimento é ruim (classe de sítio V) e no solo sobre ritmitos o crescimento é intermediário a bom (classe de sítio III), LASO GORICOITS³⁸. No entanto, conforme observado por SANTOS FILHO & ROCHA⁶⁶, solos derivados de sedimentos arenosos e com baixa fertilidade natural podem dar crescimentos bem maiores em função de uma disponibilidade de água permanente. Com base no exposto acima, avaliações mais aprofundadas sobre os parâmetros morfológicos entre os diferentes substratos somente poderiam ter sido realizados se o experimento também tivesse sido instalado no campo. O desenvolvimento das mudas foi avaliado através de diversos parâmetros morfológicos que serão detalhados a seguir.

Estes resultados correspondem a 3 meses e 15 dias de fornecimento de solução nutritiva para o **E. dunnii** e 4 meses e 25 dias para o **E. grandis** e avaliados, com idade de 6 e 7 meses respectivamente.

4.2.1 Desenvolvimento em Altura (cm)

As tabelas 1 e 2 do Apêndice apresentam as alturas totais médias das mudas para o **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

A análise de variância foi efetuada separadamente para cada solo e é apresentada nas tabelas 3, 4, 5 e 6 do Apêndice, onde se observa que o teste F revelou diferença significativa entre os tratamentos, e na tabela 6 também para blocos. Isto ocorreu devido a diferença na exposição à luz da casa de vegetação.

Na Tabela 6, podem ser observadas as médias das alturas das mudas de **E. dunnii** ordenadas em ordem decrescente para a comparação pelo teste de Tukey.

TABELA 6 - MÉDIA DAS ALTURAS DAS MUDAS DE *E. dunzii*

Trinita (PVa)				Mandaçaia (LVe)			
- Cu	32,13	a		Comp	37,58	a	
Comp	31,98	a		- Ca	36,90	a	
- Zn	31,86	a		- K	33,68	a b	
- Ca	30,04	a b		- Mg	33,29	a b	
- B	29,82	a b		- Cu	32,95	a b	
- Mg	22,44	b c		- Zn	29,30	b c	
- N	20,94	c		- B	26,44	b c	
- K	19,38	c		- N	21,97	c	
- P	3,45		d	- P	5,15		d
Test	2,18		d	Test	2,44		d
Tukey(5%) 7,82				7,33			

As médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade. Isto é válido para todas as tabelas do presente capítulo.

O teste de Tukey evidenciou os seguintes resultados comparativos entre as médias para as mudas de *E. grandis*, conforme Tabela 7.

TABELA 7 - MÉDIA DAS ALTURAS DAS MUDAS DE *E. grandis*

Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
- Cu	42,48	a	- Cu	44,65	a
- Ca	40,13	a	Comp	40,59	a
- Zn	39,41	a	- B	40,02	a
Comp	39,35	a	- Ca	38,37	a b
- B	39,28	a	- Zn	37,46	a b
- Mg	18,58	b	- Mg	27,78	b c
- N	15,64	b	- K	24,87	c
- K	9,07	b c	- N	17,24	c
Test	1,25	c	Test	1,58	d
Tukey(5%) 10,3			12,1		

As figuras 1 e 2 ilustram a altura das mudas de *E. dunnii*, respectivamente.

FIGURA 1 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE ALTURA EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.

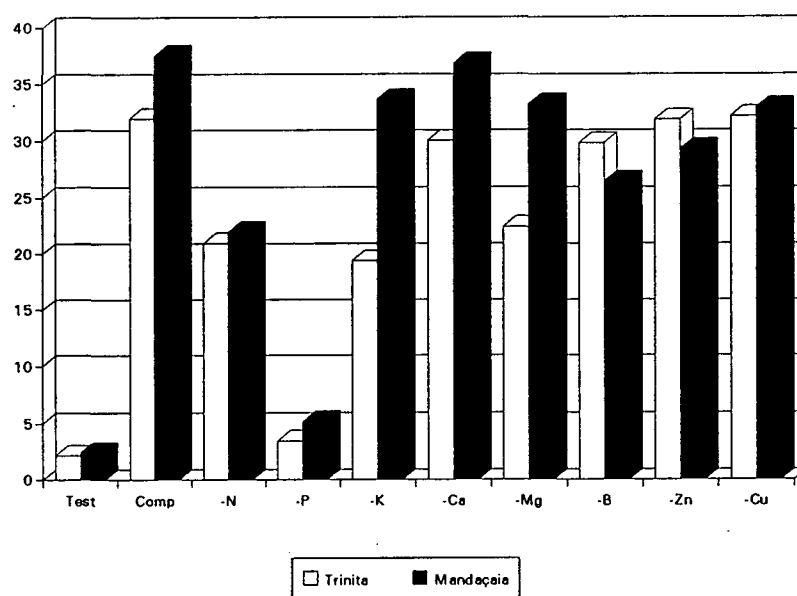
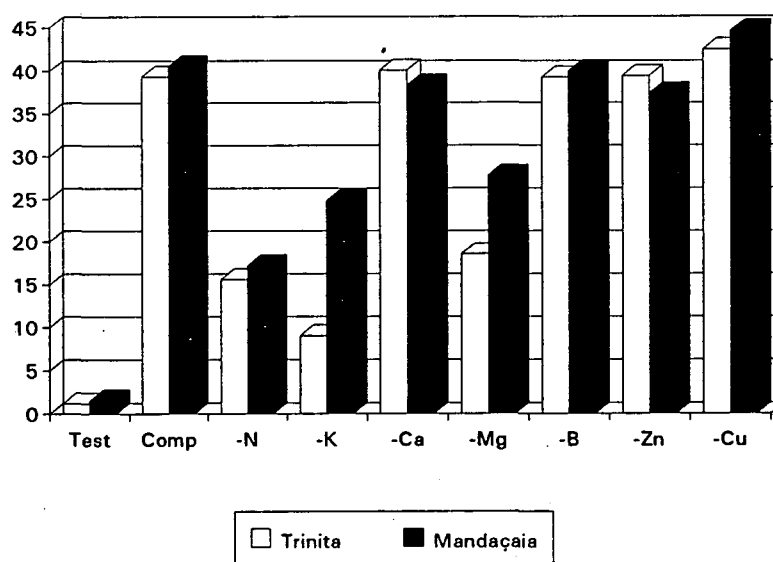


FIGURA 2 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE ALTURA EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.



Pela análise dos resultados constata-se que para o **E. dunnii** a omissão de P nos dois foi a que mais afetou o crescimento, não diferindo estatisticamente da testemunha. Em solo proveniente de Trinita as omissões de N, K e Mg tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de Mg somente diferiu do tratamento completo e da omissão de Zn e Cu.

Em Mandaçaia as omissões de N, B e Zn tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de Zn somente diferiu do tratamento completo e omissão de Ca. Sendo estes dois tratamentos destacados com as maiores alturas.

Para o **E. grandis** em Trinita a testemunha não diferiu estatisticamente da omissão de K sendo que esta ainda foi equivalente as omissões de Mg e N que diferiram estatisticamente das demais omissões, representados pelos tratamentos completos, Ca, Zn, Cu e B. Já em Mandaçaia a testemunha diferiu estatisticamente de todos os tratamentos, no entanto as omissões de N, K e Mg tiveram efeito semelhante ao observado no substrato Trinita, sendo que a omissão de Mg se equivaliu a de Zn e Ca que por sua vez diferiram do tratamento completo e omissões de Cu e B.

Como pode ser constatado, as omissões de P reduziram o crescimento em altura das mudas de **E. dunnii**, de forma extremamente drástica, equivalendo-se neste sentido às testemunhas. Este fato foi também observado por KAUL et al^{32, 33, 34, 35}, que utilizaram sílica como substrato para o cultivo de **E. "hybrid"**, **E. globulus**, **E. grandis** e HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹, que trabalharam com solução nutritiva em cultura de areia no cultivo de **E. "hybrid"**, embora não relatando tal drasticidade. Neste experimento a redução em relação à completa foi de 86,29 e 89, 22% nos solos provenientes de Mandaçaia e Trinita respectivamente. Considerando-se que o substrato utilizado foi solo de áreas de primeira rotação de **Pinus taeda**, tal drasticidade leva a concluir que estes apresentam um elevado grau de desequilíbrio nutricional face as exigências do **Eucalyptus**, comprometendo sensivelmente uma segunda rotação.

As omissões de N e K também afetaram negativamente o crescimento em altura, porém de forma mais branda, exceção feita a omissão de K no **E. dunnii** solo oriundo de Mandaçaia. KAUL et al ^{32, 33, 34, 35} e HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹, também constatarem decréscimo neste parâmetro em omissões de N. No entanto, somente KAUL et al ³⁵ constatarem redução na omissão de K.

As omissões de Mg apresentaram efeito intermediário, as vezes comparável às omissões de N e K, o que contraria os resultados obtidos por HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹, que não observaram efeito depressivo em **E. "hybrid."**

As omissões de Ca, Zn, Cu e B não apresentaram efeito depressivo no crescimento em altura, exceção feita ao **E. dunnii** solo oriundo de Mandaçaia, onde unicamente a omissão de Ca teve o mesmo comportamento, sendo este último fato também observado por HUSSAIN & THEAGARAJAN³¹. Isto leva a crer, que para esta fase do desenvolvimento o suprimento destes elementos é adequado.

4.2.2 Diâmetro de Colo (mm)

Nas tabelas 7 e 8 do Apêndice são apresentadas o diâmetro de colo médio das plantas para o **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

A análise de variância foi efetuada separadamente para cada solo e é apresentada nas tabelas 9, 10, 11 e 12 do Apêndice onde se observa que o teste F revelou diferença significativa entre os tratamentos.

Na Tabela 8, podem ser observadas as médias dos diâmetros de colo das mudas de **E. dunnii**, ordenados em ordem decrescente para a comparação pelo teste de Tukey.

TABELA 8 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DE COLO DAS MUDAS DE *E. dunnii*

Trinita (Pva)			Mandaçaia (Lve)		
Comp.	3,11	a	Comp.	3,39	a
- Cu	3,10	a	- Ca	3,24	a
- Zn	2,86	a	- K	3,14	a
- Ca	2,68	a b	- Mg	2,98	a b
- B	2,66	a b c	- Cu	2,93	a b
- Mg	2,21	b c d	- Zn	2,58	b c
- N	2,16	c d	- B	2,28	c d
- K	2,13	d	- N	2,03	d
- P	0,49	e	- P	0,67	e
Test	0,45	e	Test	0,48	e
Tukey(5%) 0,49			0,49		

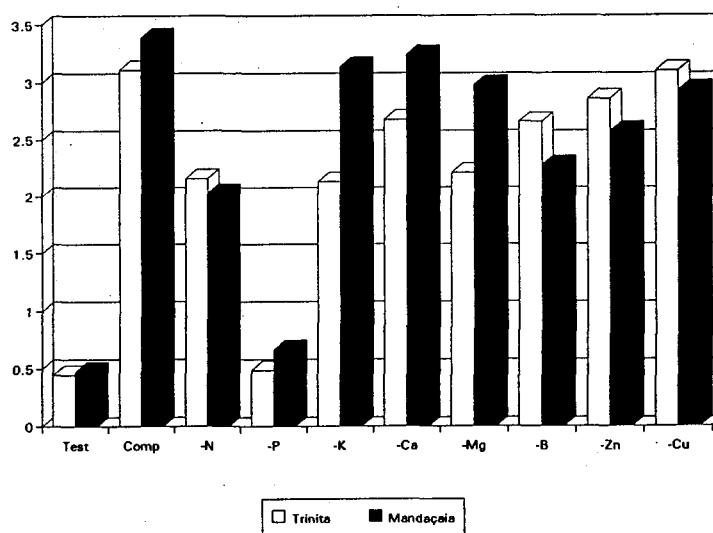
O teste de Tukey evidenciou os seguintes resultados de comparação entre os médias para as mudas de *E. grandis*, conforme Tabela 9.

TABELA 9 - MÉDIAS DOS DIÂMETROS DE COLO DAS MUDAS DE *E. grandis*

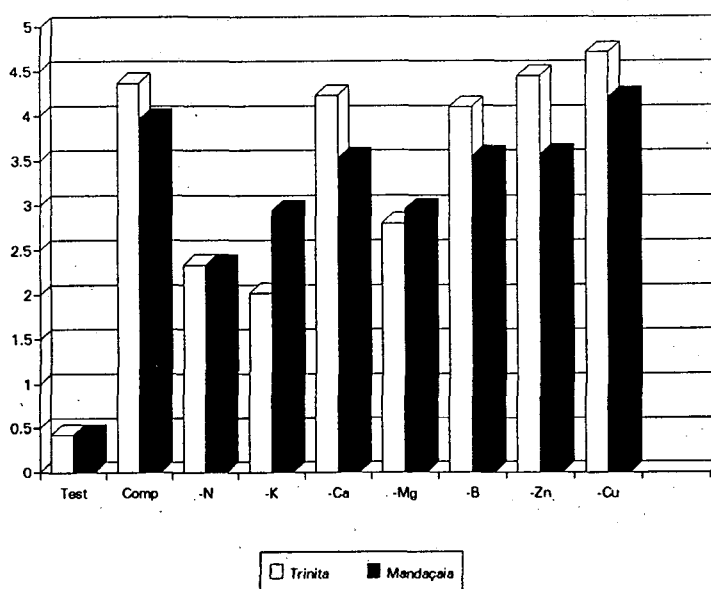
Trinita (PVa)			Mandaçaia (Lve)		
- Cu	4,72	a	- Cu	4,21	a
- Zn	4,45	a	Comp.	3,97	a b
Comp.	4,37	a	- Zn	3,57	b
- Ca	4,23	a	- B	3,55	b
- B	4,10	a	- Ca	3,53	b
- Mg	2,80	b	- Mg	2,96	c
- N	2,34	b c	- K	2,95	c
- K	2,02	c	- N	2,34	d
Test	0,43	d	Test	0,43	e
Tukey(5%) 0,77			0,50		

As figuras 3 e 4 ilustram diâmetro de colo das mudas de *E. dunnii* e *E. grandis* respectivamente.

FIGURA 3 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS DE TRINITA E MANDAÇAIA



FIGURTA 4 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DE DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.



Semelhante ao que ocorreu com a altura, no diâmetro de colo, o P foi o elemento limitante. No **E. dunnii** em solo proveniente de Trinita as omissões de N, K e Mg tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de Mg somente diferiu do tratamento completo e omissões de Cu e Zn.

Em Mandaçaia as omissões de N e B tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de B se equivaleu a de Zn que somente diferiu do tratamento completo e omissão de K e Ca.

Para o **E. grandis** em solo proveniente de Trinita as omissões de N e K foram estatisticamente diferentes da testemunhas sendo que a omissão de N se equivaleu da de Mg que diferiram do tratamento completo e omissões de Ca, Zn, Cu e B.

Em Mandaçaia a testemunha diferiu estatisticamente da omissão de N, que por sua vez diferiu das omissões de K e Mg que tiveram efeito semelhante, que diferiram das omissões de Ca, Zn, B e tratamento completo. Sendo a omissão de Cu, estatisticamente semelhante ao tratamento completo.

As omissões de P reduziram o desenvolvimento do diâmetro de colo em mudas de **E. dunnii**, o que também foi observado por KAUL et al ³⁵ em mudas de **E. globulus** utilizando sílica como substrato. Os mesmos autores constataram ainda que as omissões de N e K diminuíram o diâmetro de colo, o que coincide com o observado neste trabalho, com exceção da omissão de K no **E. dunnii** em solo proveniente de Mandaçaia.

KAUL et al ³⁴, trabalhando com mudas de **E. grandis** observaram que além do N, o Mg também afetou o diâmetro de colo, coincidindo com o constatado neste experimento, exceção feita ao **E. dunnii** solo oriundo de Mandaçaia onde a omissão de Mg foi estatisticamente igual à completa.

A semelhança do observado para o desenvolvimento em altura os tratamentos Ca, Zn, Cu e B não afetaram o desenvolvimento do diâmetro do colo no solo proveniente de Trinita das duas espécies. Para o solo proveniente de Mandaçaia no **E. dunnii** as omissões de K, Mg, Ca e Cu e no **E. grandis** a omissão de Cu não afetaram negativamente este parâmetro.

4.2.3 Relação H/D das mudas

As tabelas 13 e 14 do Apêndice apresentam a relação H/D média das mudas para o **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

A análise de variância foi realizada separadamente para cada solo e é apresentada nas tabelas 15, 16, 17 e 18 do Apêndice, onde se observa que o teste F revelou diferença significativa entre os tratamentos, e na tabela 18 também para blocos, explicação idêntica ao item 4.2.1..

Na Tabela 10 são observadas as médias da relação H/D da mudas de **E. dunnii**, ordenadas em ordem decrescente para a comparação pelo teste de Tukey.

TABELA 10 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D DAS MUDAS DE **E. dunnii**

Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
- Ca	11,32	a	- B	11,74	a
- B	11,31	a	- Mg	11,71	a
- Zn	11,11	a	- Ca	11,66	a
Comp.	10,81	a b	- Zn	11,65	a
- Mg	10,52	a b	- Cu	11,42	a
- Cu	10,45	a b	Comp	11,38	a
- N	9,89	a b	- K	10,95	a
- K	9,38	a b	- N	10,83	a
- P	7,32	b c	- P	7,38	b
Test.	5,23	c	Test	5,05	b
Tukey(5%) 3,78			3,24		

O teste de Tukey evidenciou os seguintes resultados de composição entre as médias para as mudas de **E. grandis**, conforme Tabela 11.

TABELA 11 - MÉDIAS DA RELAÇÃO H/D DAS MUDAS DE **E. grandis**

Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
- B	9,49	a	- B	10,81	a
- Ca	9,39	a	- Ca	10,72	a
Comp	9,16	a	- Zn	10,39	a b
- Cu	9,05	a	Comp	10,36	a b
- Zn	8,79	a	- Cu	10,21	a b
- Mg	6,72	a b	- Mg	9,24	a b
- N	6,68	a b	- K	8,43	a b
- K	4,50	b c	- N	7,37	b
Test	2,96	c	Test	3,69	c
Tukey(5%) 2,89			3,21		

As figuras 5 e 6 ilustram, relação H/D das mudas de **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

FIGURA 5 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA

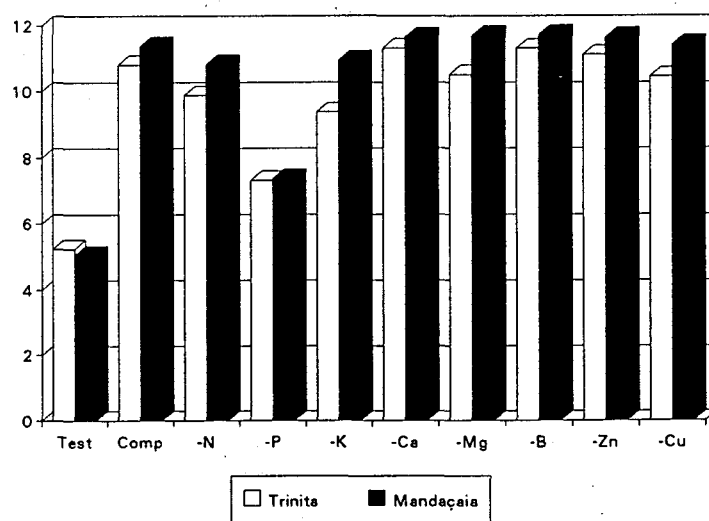
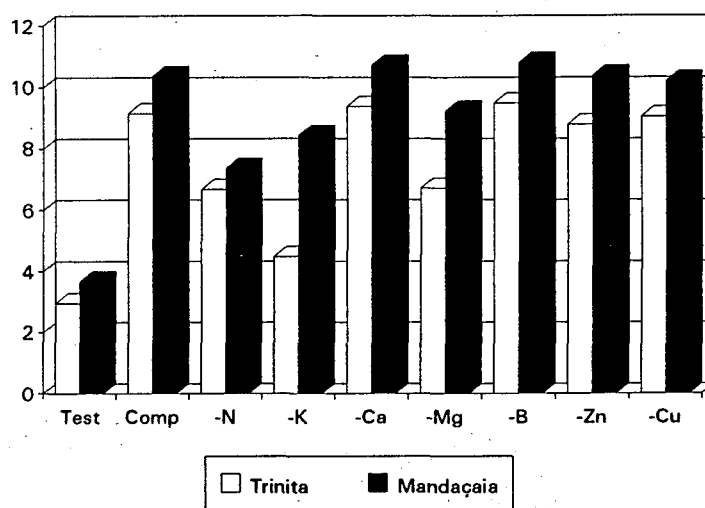


FIGURA 6 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA



Pela análise dos resultados constata-se que no **E. dunnii** o P foi o elemento que mais limitou este parâmetro. No solo proveniente de Trinita a testemunha é estatisticamente semelhante a omissão de P, que somente diferiu das omissões de Ca, Zn e B e no de Mandaçaia a testemunha e a omissão de P diferem dos demais tratamentos.

No **E. grandis** em solo proveniente de Trinita a testemunha é semelhante a omissão de K, a qual difere do tratamento completo e omissões de Ca, Zn, Cu e B. Já no solo proveniente de Mandaçaia, a testemunha diferiu de todos os tratamentos e a omissão de N diferiu somente das omissões de Ca e B.

As omissões de P no **E. dunnii** e a omissão de K no **E. grandis** no solo proveniente de Trinita e a omissão de N no de Mandaçaia, além das testemunhas, formam as que mais afetaram negativamente a relação H/D. Isto decorreu dos baixos valores que estes parâmetros apresentaram.

Destaca-se que nas duas espécies as omissões de B demonstraram uma relação H/D alta, isto é decorrente do efeito negativo que o diâmetro de colo sofreu em relação à altura neste tratamento.

Já nas omissões de Cu, que nestes parâmetros se sobressaíram as demais, exceção feita ao **E. dunnii** solo proveniente de Mandaçaia, demonstra uma relação H/D inferior. Isto no entanto reflete um maior equilíbrio destes parâmetros. Tendo um diâmetro de colo maior estas mudas terão mais chances de sobrevivência no campo.

4.2.4 Peso Seco Aéreo (g)

As tabelas 19 e 20 do Apêndice apresentam o peso seco aéreo médio das mudas de **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

A análise de variância foi realizada separadamente para cada solo e são apresentadas nas tabelas 21, 22, 23 e 24 do Apêndice, onde se observa que o teste F revelou diferença significativa para os tratamentos.

Na Tabela 12 observa-se as médias do peso seco aéreo das mudas de **E. dunnii**, ordenados em ordem decrescente para a comparação pelo teste de Tukey.

TABELA 12 - MÉDIAS DO PESO SECO AÉREO DAS MUDAS DE **E. dunnii**

Trinita (PVa)				Mandaçaia (LVe)			
Comp.	1,754	a		Comp.	2,261	a	
- Cu	1,701	a		- Ca	2,227	a	
- Ca	1,586	a b		- K	1,673	a b	
- Zn	1,289	a b c		- Mg	1,614	b	
- B	1,146	b c d		- Cu	1,509	b c	
- N	0,775	c d		- Zn	1,010	c d	
- Mg	0,765	c d		- B	0,862	d	
- K	0,745	d		- N	0,657	d	
- P	0,031	e		- P	0,043	e	
Test	0,013	e		Test	0,012	e	
Tukey(5%) 0,51				0,59			

O teste de Tukey evidenciou os seguintes resultados de comparação entre as médias para as mudas de **E. grandis**, conforme Tabela 13.

TABELA 13 - MÉDIAS DO PESO SECO AÉREO DAS MUDAS DE *E. grandis*

Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe).		
- Cu	3,847	a	- Cu	3,090	a
- Ca	3,422	a	- B	2,610	a b
Comp	3,398	a	- Zn	2,410	a b
- Zn	3,372	a	Comp	2,405	a b
- B	3,242	a	- Ca	2,262	b c
- Mg	1,121	b	- Mg	1,497	c
- N	0,629	b	- K	1,494	c
- K	0,526	b	- N	0,609	d
Test	0,005	b	Test	0,005	d
Tukey(5%) 1,20			0,82		

As figuras 7 e 8 ilustram o peso seco aéreo das mudas de *E. dunni* e *E. grandis* respectivamente.

FIGURA 7 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DO PESO SECO AÉREO EM MUDAS DE *E. dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.

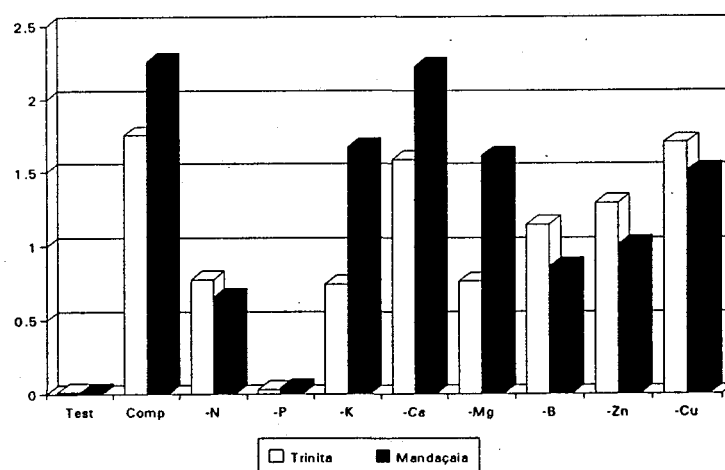
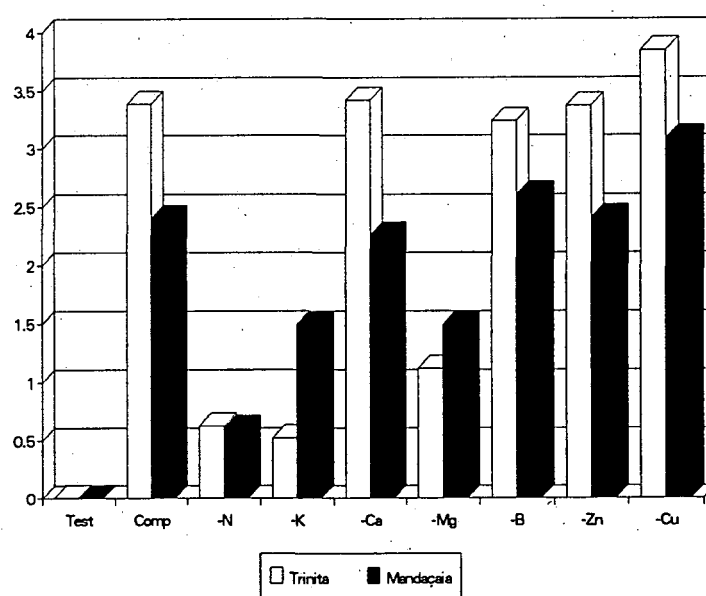


FIGURA 8 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DO PESO SECO AÉREO EM MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.



A semelhança dos parâmetros já analisados, o P foi o elemento que mais limitou o peso seco aéreo das mudas de **E. dunnii**, não diferindo das testemunhas. No solo proveniente de Trinita as omissões de N, K, Mg e B tiveram efeito semelhante, sendo que esta última somente diferem do tratamento completo e omissão de Cu. No solo proveniente de Mandaçaia as omissões de N, Zn e B tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de Zn é estatisticamente igual a omissão de Cu, que somente diferiu do tratamento completo e omissão de Ca.

Para o **E. grandis** em solo proveniente de Trinita a testemunha e as omissões de N, K e Mg são estatisticamente iguais diferindo dos demais tratamentos. Já em Mandaçaia a testemunha é estatisticamente igual a omissão de N, as omissões de K, Mg e Ca tiveram efeito semelhante, sendo que esta última somente diferiu da omissão de Cu.

O P foi o elemento que mais limitou o peso seco aéreo da mudas de **E. dunnii**, fato também observado por KAUL et al^{32, 34, 35} que utilizaram sílica como substrato para o cultivo de **E. "hybrid"**, **E. grandis** e **E. globulus** respectivamente.

As omissões de N e K afetaram negativamente este parâmetro, com exceção da omissão de K no **E. dunnii** em solo proveniente de Mandaçaia. Vários trabalhos demonstraram a redução de peso seco aéreo em omissões de N, KAUL et al ^{32, 34, 35} e ROCHA FILHO et al ⁶², estes últimos observaram também o mesmo comportamento na omissão de K.

As omissões de Mg apresentaram efeito depressivo, com exceção do **E. dunnii** no solo proveniente de Mandaçaia, o que também foi relatado por ROCHA FILHO et al ⁶² em mudas de **E. urophylla**.

Apresentaram ainda efeito negativo sobre o peso seco aéreo, as omissões de B no **E. dunnii**, fato também observado por ROCHA FILHO et al ⁶³ em mudas de **E. grandis**. No entanto, neste experimento, esta espécie demonstrou comportamento diverso, sendo estatisticamente igual ao tratamento completo.

As omissões de Ca, Zn, Cu e B no solo proveniente de Trinita, sendo que as três últimas também em Mandaçaia não apresentaram efeito negativo no peso seco aéreo das mudas de **E. grandis**. Já no **E. dunnii** em solo proveniente de Mandaçaia as omissões de K e Ca e em Trinita as de Ca, Zn e Cu não afetaram depressivamente este parâmetro.

4.2.5 Peso Seco Radicular (g)

As tabelas 25 e 26 do Apêndice apresentam o peso seco radicular médio das mudas de **E. dunnii** e **E. grandis** respectivamente.

A análise de variância foi realizada separadamente para cada solo e são apresentados nas tabelas 27, 28, 29 e 30 do Apêndice, onde se observa que o teste F revelou diferença significativa para os tratamentos.

Na Tabela 14 observa-se as médias do peso seco radicular das mudas de **E. dunnii**, ordenadas em ordem decrescente para a comparação pelo teste de Tukey.

TABELA 14 - MÉDIAS DE PESO SECO RADICULAR DAS MUDAS DE *E. dunii*

Trinita (PVa)					Mandaçaia (LVe)				
Comp.	0,504	a			Comp.	0,441	a		
- Ca	0,457	a	b		- Ca	0,408	a		
- Cu	0,434	a	b		- Mg	0,371	a	b	
- N	0,351	a	b	c	- K	0,353	a	b	
- Zn	0,294	a	b	c	- Cu	0,314	a	b	
- B	0,247		b	c d	- Zn	0,249		b c	
- Mg	0,242		b	c d e	- N	0,178		c	
- K	0,191			c d e	- B	0,168		c	
- P	0,015			d e	- P	0,012		d	
Test.	0,006			e	Test.	0,005		d	
Tukey(5%) 0,23					0,13				

O teste de Tukey evidenciou os seguintes resultados de comparação entre as médias para as mudas de *E. grandis*, conforme Tabela 15.

TABELA 15 - MÉDIAS DE PESO SECO RADICULAR DAS MUDAS DE *E. grandis*

Trinita (PVa)				Mandaçaia (LVe)			
Comp.	0,880	a		- Cu	0,892	a	
- Cu	0,792	a		Comp.	0,603	a	b
- Ca	0,763	a		- B	0,547	a	b
- Zn	0,762	a		- Zn	0,539	a	b
- B	0,528	a	b	- Ca	0,486		b
- N	0,202		b c	- Mg	0,325		b c
- Mg	0,189		b c	- K	0,322		b c
- K	0,092		c	- N	0,283		b c
Test.	0,003		c	Test.	0,004		c
Tukey(5%) 0,37				0,36			

As figuras 9 e 10 ilustram o peso seco radicular das mudas de *E. dunnii* e *E. grandis* respectivamente.

FIGURA 9 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DO PESO SECO RADICULAR EM MUDAS DE *E.dunnii* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.

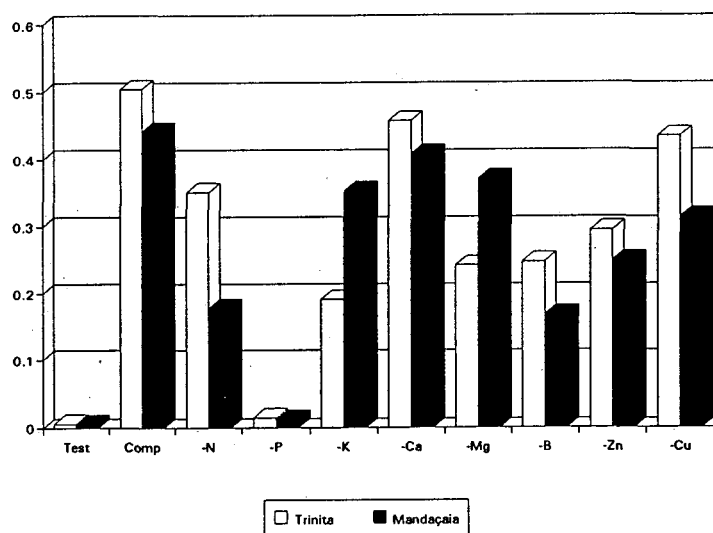
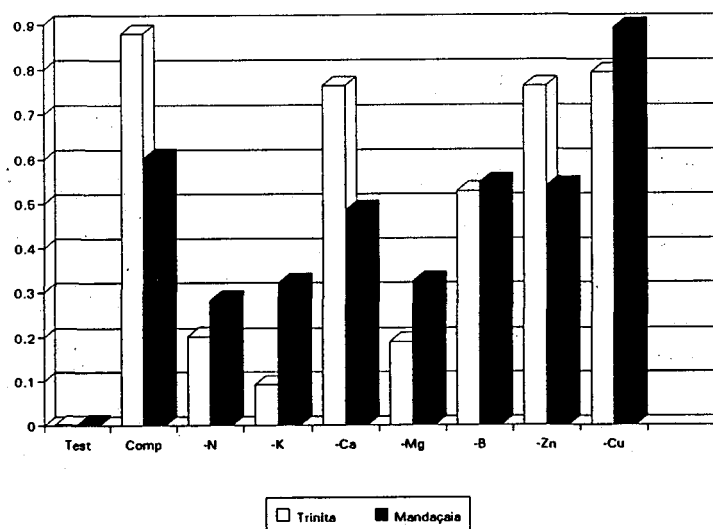


FIGURA 10 - DIAGRAMA DE COLUNAS DOS RESULTADOS DO PESO SECO RADICULAR ME MUDAS DE *E. grandis* NOS SOLOS PROVENIENTES DE TRINITA E MANDAÇAIA.



Analisando-se os resultados constata-se que no **E. dunnii** em solo proveniente de Mandaçaia, a omissão de P foi estatisticamente igual a testemunha, as omissões de B, N e Zn tiveram efeito semelhante, sendo que a omissão de Zn somente diferiu do tratamento completo e da omissão de Ca. Em trinita a testemunha foi estatisticamente semelhante as omissões de P, K e Mg, sendo que esta última somente diferiu do tratamento completo.

No **E. grandis** nos dois solos as omissões de N, K e Mg foram estatisticamente semelhantes a testemunha. Em Trinita a omissão de N teve efeito semelhante a de B, que por sua vez não diferiu dos demais tratamentos. Em solo proveniente de Mandaçaia a omissão de N somente diferiu da omissão de Cu.

Do mesmo modo que nos parâmetros anteriores o P foi o elemento que mais limitou o peso seco radicular das mudas de **E. dunnii**, o que também foi observado por KAUL et al^{32, 34, 35}, que utilizaram sílica como substrato para o cultivo de **E. "hybrid"**, **E. globulus** e **E. grandis**.

As omissões de N, K e Mg afetaram sensivelmente as mudas de **E. grandis**. Já no **E. dunnii** as omissões de K e Mg em Trinita e N, Zn e B em Mandaçaia afetaram depressivamente o peso seco radicular. Vários experimentos observaram uma redução deste parâmetro na omissão de N (KAUL et al^{32, 34, 35}) e referente a omissão de K (KAUL et al³⁵).

A semelhança do que ocorreu com o peso seco aéreo, a omissão de B somente afetou as mudas de **E. dunnii**. ROCHA FILHO et al⁶² observaram o atrofiamento do sistema radicular em mudas de **E. urophylla** carentes em B.

As omissões que não afetaram este parâmetro no **E. grandis** em Mandaçaia foram os de Ca, Zn, Cu e B, e a omissão de Ca em Trinita. Nas mudas de **E. dunnii** em solo proveniente de Mandaçaia as omissões de K, Mg, Ca e Cu, e em Trinita as de N, Ca, Zn e Cu, não afetaram negativamente o peso seco radicular.

4.3 NÍVEIS DE NUTRIENTES

Os teores de nutrientes obtidos através da análise foliar em **E. dunnii** nos solos da regiões Mandaçaia e Trinita se encontram respectivamente nas tabelas 16 e 17.

TABELA 16 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE **Eucalyptus dunnii** EM SOLO PROVENIENTE DE MANDAÇAIA (LVe).

ELEMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Mat. *
TRAT.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%
TEST.	--	0.08	0.87	0.69	0.14	--	91	48	0.5
COMP.	2.51	0.18	0.82	0.28	0.22	26	51	13	100.0
- N	1.08	0.17	0.61	0.37	0.20	35	50	08	29.1
- P	--	0.12	0.74	0.59	0.25	--	112	20	1.9
- K	2.98	0.20	0.29	0.47	0.30	41	56	11	74.0
- Ca	2.32	0.15	0.71	0.20	0.20	26	45	12	98.5
- Mg	2.73	0.19	0.98	0.28	0.09	40	51	12	71.4
- B	3.09	0.18	0.82	0.30	0.21	37	50	09	38.1
- Zn	2.59	0.19	0.94	0.40	0.25	37	39	08	44.7
- Cu	2.18	0.19	0.86	0.29	0.23	32	50	08	66.7

* Matéria seca relativa considerando-se 100% o tratamento completo.

TABELA 17 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE *Eucalyptus dunnii* EM SOLO PROVENIENTE DE TRINITA (PVa).

ELEMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Mat. *
TRAT.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%
TEST.	--	0.10	0.97	0.61	0.12	--	141	151	0.7
COMP.	2.74	0.22	0.82	0.29	0.24	27	61	12	100.0
- N	1.13	0.14	0.63	0.33	0.20	26	48	05	44.1
- P	--	0.13	0.99	0.73	0.35	--	223	34	1.8
- K	3.85	0.64	0.31	0.42	0.37	66	97	15	42.5
- Ca	2.74	0.21	0.72	0.17	0.24	32	61	10	90.4
- Mg	3.17	0.30	1.09	0.28	0.09	38	64	17	43.6
- B	3.40	0.30	0.92	0.26	0.27	19	75	13	65.3
- Zn	3.37	0.27	0.93	0.30	0.29	29	45	10	73.5
- Cu	2.82	0.25	0.90	0.27	0.27	29	67	08	97.0

* Matéria seca relativa considerando-se 100% o tratamento completo.

Os teores de nutrientes obtidos através da análise foliar em **E. grandis** nos solos das regiões Mandaçaia e Trinita se encontram respectivamente nas tabelas 18 e 19.

TABELA 18 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE **Eucalyptus grandis** EM SOLO PROVENIENTE DE MADAÇAIA (LVe).

ELEMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Mat. *
TRAT.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%
TEST.	--	0.17	1.13	0.80	0.15	--	126	33	0.2
COMP.	3.16	0.25	1.47	0.40	0.25	38	79	16	100.0
- N	1.33	0.25	1.32	0.45	0.20	41	75	13	25.3
- K	3.70	0.38	0.53	0.65	0.42	56	97	27	62.1
- Ca	2.95	0.25	1.78	0.23	0.24	35	62	13	94.0
- Mg	3.40	0.26	2.13	0.40	0.09	49	71	23	62.2
- B	3.02	0.24	1.49	0.39	0.24	20	60	14	108.5
- Zn	2.93	0.28	1.50	0.39	0.26	32	52	17	100.2
- Cu	3.22	0.34	1.41	0.41	0.26	34	61	14	128.5

* Matéria seca relativa considerando-se 100% o tratamento completo.

TABELA 19 - TEORES DE NUTRIENTES CONTIDOS NA MATÉRIA SECA DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* EM SOLO PROVENIENTE DE TRINITA (PVa).

ELEMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Cu	Mat. *
TRAT.	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%
TEST.	--	0.33	2.09	1.13	0.09	--	82	39	0.2
COMP.	2.86	0.23	1.21	0.44	0.28	33	62	13	100.0
- N	1.11	0.23	1.23	0.40	0.22	34	86	06	18.5
- K	3.80	0.53	0.48	0.63	0.40	75	94	22	15.5
- Ca	2.80	0.28	1.75	0.14	0.26	34	55	12	100.7
- Mg	3.08	0.31	2.10	0.50	0.09	50	52	15	33.0
- B	2.34	0.22	1.44	0.32	0.22	16	45	12	95.4
- Zn	2.62	0.25	1.47	0.37	0.25	34	32	11	99.2
- Cu	2.58	0.26	1.46	0.37	0.25	27	47	06	113.2

* Matéria seca relativa considerando-se 100% o tratamento completo.

A relação entre os vários elementos é na maioria das vezes de difícil elucidação, uma vez que a análise não foi periódica, mas sim efetuada no final do experimento. Desta forma não é possível determinar quando teve lugar o antagonismo ou sinergismo e quando se iniciou o efeito de concentração.

4.3.1 Nitrogênio

Observa-se que o teor de N diminuiu acentuadamente em relação ao tratamento completo quando de sua omissão. Desta forma os menores teores foram encontrados nas omissões, fato também observado por KAUL et al ^{32, 34, 35}, HAAG et al²⁶, WILL ⁷⁸, que utilizaram como substratos, sílica, solução nutritiva e areia, respectivamente.

Os níveis de N nos tratamentos correspondentes à sua omissão, se encontram abaixo dos níveis críticos em várias espécies de eucalipto. ^{25, 68}

Os maiores teores de N foram observados nas omissões de K, com exceção do *E. dunnii* no solo oriundo de Mandaçaia, que com 2,98% N é superado pela omissão de B com 3,09% N, no entanto este último valor pode estar sendo fortemente influenciado por um efeito de concentração, já que a matéria seca relativa é de apenas 38,1% (Tabela 16). O aumento de N na ausência de K também foi constatado por KAUL et al ³² em *E. "hybrid"*.

HSIAO et al ²⁹ observaram que plantas com deficiência de K frequentemente aumentam o conteúdo de aminoácidos solúveis como a isoleucina. Implicando em um aumento do ataque de insetos sugadores (MARSCHNER⁴⁶).

Da mesma forma que no caso acima, as omissões de Mg proporcionaram teores mais elevados de N em relação ao tratamento completo, o que também foi constatado por KAUL et al^{32, 34, 35}. Pode-se dizer que estes aumentos foram altamente influenciados pelo efeito de concentração.

EPSTEIN ¹⁹, reporta que na deficiência de Mg, compostos nitrogenados solúveis estão presentes em concentrações elevadas, por outro lado, MENGEL & KIRKBY ⁴⁹ citam que a síntese de compostos orgânicos de N depende de íons inorgânicos como o Mg para a formação da clorofila.

Outro elemento que se relaciona com o N é o P. GOOR* citado por FIEDLER et al²¹ apresenta uma relação N/P ótima de 14,7 para mudas de **Larix leptoleptis**. Neste experimento esta relação está entre 13,94 e 12,43 no tratamento completo, valores próximos aos citados acima, ressaltando-se que a presente comparação abrange conífera contra folhosa, o que apresenta limitações inerentes a cada espécie.

Provavelmente ocorreram efeitos de concentração no **E. dunnii** nas omissões de B e Zn nos solos oriundos de Trinita e Mandaçaia (Tabelas 16 e 17). Entretanto, no **E. grandis** em Mandaçaia, o teor de N na omissão de Cu supera em 0,06% a do tratamento completo. Esta diferença é no entanto, altamente expressiva considerando-se que a matéria seca relativa da omissão de Cu é de 128,5% (Tabela 18).

4.3.2 Fósforo

Observa-se que os menores teores encontrados no **E. dunnii** foram os das testemunhas, seguido pelas omissões de P. No entanto, ambos são valores muito baixos e estão próximos ao nível crítico de 0,11% citado por LACEY et al³⁷, em mudas de **E. grandis**.

Os maiores teores de P foram observados nas omissões de K, resultado semelhante foi encontrado por KAUL et al³⁵. A maioria dos aumentos podem ser explicados unicamente pelo efeito de concentração. Exemplo que ilustra bem este fato é a omissão de K em **E. grandis** no solo oriundo de Trinita, onde a redução da matéria seca relativa é de 84,5%, enquanto que o aumento relativo de K foi de 130% (Tabela 19).

* GOOR, C.P. van. The influence of nitrogen on the growth of Japanese larch (**Larix leptoleptis**). *Plant and Soil*, 5: 29-35, 1953.

A interação P x K, segundo LOUÉ ⁴¹ somente tem importância quando os solos são mal supridos nestes elementos, como no presente trabalho (Tabela 1), sendo que em solos férteis esta interação é pouco expressiva.

Da mesma forma que no caso anterior, as omissões de Zn condicionaram teores pouco superiores de P ao tratamento completo. Este aumento é insignificante mesmo sob efeito de concentração (Tabelas 16 e 17). No caso do *E. grandis* em solo oriundo de Mandaçaia, este tratamento tem um aumento de 0,03% em relação ao completo enquanto que a matéria seca relativa também apresenta aumento inexpressivo (Tabela 18).

Provavelmente ocorreram efeitos de concentração nas omissões de Mg e B no *E. dunnii* (Tabela 17) e de Mg no *E. grandis* (Tabela 19). Merecem investigações complementares os aumentos de P em *E. grandis* em omissões de Ca em Trinita e Cu em Mandaçaia, já que nestes casos o aumento devido ao efeito de concentração está excluído (Tabelas 18 e 19).

4.3.3 Potássio

Observa-se que o teor de K diminuiu acentuadamente em relação ao tratamento completo quando de sua omissão. Desta forma os menores teores foram encontrados nas omissões, fato este também observado por HAAG et al²⁶, KAUL et al^{32, 34, 35}, WILL⁷⁸ que utilizaram como substrato sílica, solução nutritiva e areia, respectivamente.

Os níveis de K no *E. grandis*, nos tratamentos correspondentes à sua omissão estão de acordo com as concentrações críticas relatadas por NOVAIS et al⁵² para mudas da mesma espécie.

Ocorre no entanto, uma diferença marcante entre os teores de K dos tratamentos completos nas duas espécies estudadas, tendo o **E. dunnii** apresentado teores inferiores. Isto nos permitiria concluir que o **E. grandis** é mais eficiente com relação a extração de K, uma vez que este é um fato comum, sendo relatado para diferentes espécies de plantas. Neste sentido, ASHER & OZANNE*, citado por MENGEL & KIRKBY ⁴⁹ observaram pequenas diferenças em variedades de **Arthoteca calendula** e WALKER & HATCHER ⁷⁶ em progenies de **Pinus elliottii** var. **elliottii**. No entanto, é preciso considerar que o **E. grandis** ainda recebeu uma complementação de N e K, que também pode estar influenciando neste nível de K.

Os maiores teores de K foram observados nos tratamentos de omissão de Mg, fato também citado por KAUL et al ³⁵. Em **E. dunnii** pode-se dizer que os aumentos verificados são devidos praticamente ao efeito de concentração. Por outro lado, em **E. grandis** não se pode atribuir os aumentos a um efeito de concentração em sua totalidade. Por exemplo, no maior aumento registrado de K em comparação ao tratamento completo, observa-se uma redução da matéria seca relativa de 37,8%, enquanto que o aumento relativo de K foi de 45% (Tabela 18).

MENGEL e KIRKBY ⁴⁹ relatam que a interrupção do fornecimento de K resulta numa drástica queda dos níveis de K na planta, mas por outro lado os teores de Ca, Mg e Na aumentam consideravelmente.

* ASHER, C.J. & OZANNE, P.G. Individual plant variability in susceptibility to potassium deficiencies: Some observations on copeweed (*Arthoteca calendula* L. Leuyus). *Austr. Plant Physiol.*, 4: 499-503, 1977.

Observa-se que os teores de K nas omissões de Ca no **E. grandis** também foram superiores ao tratamento completo. Estes aumentos não podem ser atribuídos somente ao efeito de concentração, como por exemplo em Trinita onde ocorreu um aumento relativo de K de 45% enquanto que a matéria seca relativa permaneceu igual à do tratamento completo (Tabela 19).

A maioria dos teores de K das testemunhas e omissões de P foram superiores quando comparados ao tratamento completo. Contudo este aumento é relativo à pouca quantidade de matéria seca, o que elevou a concentração deste elemento.

Grande parte dos teores de K das omissões de Zn, Cu e B foram superiores ao tratamento completo. Sendo estes teores altamente expressivos principalmente em **E. grandis** na região Mandaçaia onde a matéria seca destes tratamentos superou à do tratamento completo (Tabela 18).

Destaca-se que os sintomas encontrados nas omissões de K (item 4. 1. 5) lembram bastante a deficiência de B. Sintomas semelhantes foram encontrados por NOVAIS et al⁵⁴.

Vários pesquisadores estudaram a relação existente entre K e B. REEVE & SHIVE⁶¹ observaram que a concentração de K no substrato tem influência sobre o acúmulo de B nos tecidos. HADAS & HAGIN²⁷ relatam que a influência do K é caracterizada pela forte absorção do B, isto aumentaria a medida que as concentrações de B diminuíssem. HOLEVAS* citado por LOUÉ⁴¹ observou que a deficiência de K causa a acumulação de B nas folhas e vice-versa.

* HOLEVAS, C.D. Potassium - boron relationships in olive nutrition. *4e Colloque Int. sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées, Gand, 11:167-73, 1976.*

4.3.4 Cálcio

Observa-se que o teor de Ca diminuiu acentuadamente em relação ao tratamento completo quando de sua omissão. Desta forma, os menores teores foram encontrados nas omissões, fato este também observado por KAUL et al^{32, 34, 35} e HAAG et al²⁶, que utilizaram como substrato sílica e areia respectivamente.

Os teores relativos à carência indicados por MARZO & MARCUS ⁴⁷ para *E. globulus* são superiores aos encontrados neste experimento. O *E. dunnii* apresentou sintomas de carência em níveis abaixo de 0,20%. A exigência de Ca para o *E. grandis* deve ser inferior, já que esta espécie não apresentou sintomas de deficiência até o final do experimento.

Os teores mais elevados foram encontrados nas testemunhas e omissões de P, no entanto estes tratamentos produziram pouca quantidade de matéria seca, o que elevou relativamente a concentração deste elemento.

As omissões de K apresentaram altos teores de Ca, o que também foi observado por KAUL et al ^{34, 35}. No entanto, os aumentos nas duas espécies em solo oriundo de Trinita podem ter sido grandemente influenciados pelo efeito de concentração.

A deficiência de Ca estimula a absorção de outros íons como o K, isto é conhecido como "efeito Viets", assim chamado porque foi F. G. Viets (1944) quem primeiro observou e o relatou. Vários pesquisadores interpretaram esta relação, EPSTEIN¹⁹, MALAVOLTA⁴⁵, MARSCHNER ⁴⁶, MENGEL & KIRKBY ⁴⁹. Em geral os autores consideram que baixas concentrações de Ca na solução externa aumentam a absorção ou reduzem a perda de íons K. O efeito do Ca no fluxo de íons através da membrana está relacionado com seu papel em manter a integridade e estabilidade da mesma.

Da mesma forma que no caso acima, as omissões de N proporcionaram altos teores de Ca, com exceção do *E. grandis* da região Trinita, estes aumentos podem ter sido grandemente influenciados pelo efeito de concentração. O aumento de N na omissão de Ca também foi observado por KAUL et al ^{34, 35}.

Neste sentido, MENGEL & KIRKBY ⁴⁹, citam que a absorção de Ca pode ser diminuída pela presença de outros cátions como o K e o NH₄, os quais são rapidamente absorvidos pelas raízes.

Ocorreram ainda teores mais elevados de Ca na omissão de Zn no **E. dunnii** no solo oriundo de Mandaçaia e na omissão de Mg no **E. grandis** no solo oriundo de Trinita. Estes aumentos provavelmente foram influenciados pelo efeito de concentração.

4.3.5 Magnésio

Observa-se que o teor de Mg diminuiu acentuadamente em relação ao tratamento completo quando de sua omissão. Desta forma, os menores teores foram encontrados nas suas omissões, fato este também observado por KAUL et al ^{32, 34, 35} e HAAG et al²⁶, que utilizaram como substrato sílica e areia respectivamente.

Os maiores teores de Mg foram observados nas omissões de K, o que também foi relatado por KAUL et al ³⁵. Os aumentos em **E. grandis** e **E. dunnii** em solo oriundo de Trinita foram grandemente influenciados pelo efeito de concentração. No entanto, nos demais este aumento não pode ser atribuído somente a este efeito. Como por exemplo em **E. grandis** solo Mandaçaia, onde observa-se uma redução de matéria seca relativa de 37,8%, enquanto que o aumento relativo de K foi de 68% (Tabela 18).

Vários autores descreveram o antagonismo existente entre K e Mg, (EPSTEIN ¹⁹, LOUÉ ⁴¹, MALAVOLTA⁴⁵, MENGEL & KIRKBY ⁴⁹). Neste sentido, MENGEL & KIRKBY ⁴⁹, sugerem que este antagonismo é relativo ao balanço iônico e não pelos efeitos da competição dos carregadores.

SALMON*, citado por LOUÉ ⁴¹, observa que a deficiência de Mg não resulta somente do baixo teor de Mg trocável no solo, mas do antagonismo entre estes elementos em solos muito ácidos e do alto conteúdo de K trocável.

A omissão de Zn em **E. dunnii** no solo oriundo de Trinita e as omissões de P, apresentaram teores superiores de Mg, este fato pode ser atribuído ao efeito de concentração, em função da redução de biomassa.

4.3.6 Boro

Observa-se que o teor de B diminui acentuadamente em relação ao tratamento completo, quando de sua omissão. Desta forma, os menores teores foram encontrados nas omissões, com exceção do **E. dunnii** no solo proveniente de Mandaçaia. Isto pode ser explicado pela baixa quantidade de matéria seca, sugerindo um efeito de concentração.

Os teores encontrados tanto nos tratamentos com solução completa como na maioria das omissões estão abaixo do valor de carência (46 ppm) citado por ROCHA FILHO et al ⁶³ para mudas de **E. grandis**.

Sabe-se que grandes quantidades de B são absorvidas através de fluxo de massa, o qual é influenciado pela idade da planta e velocidade de transpiração (MARSCHNER⁴⁶). Estes parâmetros poderiam estar influenciando os dois experimentos, causando a diferença citada.

* SALMON, R. C. Magnesium relationships in soils and plants. *J. Sci. Food Agric.* 14:605-10, 1963

Os maiores teores de B foram observados nas omissões de K. Estes teores são muito expressivos, e os aumentos não podem ser atribuídos somente ao efeito de concentração. Por exemplo, no maior teor de B registrado, observa-se uma redução da matéria seca relativa de 84,5%, enquanto que o aumento relativo de B foi de 127% (Tabela 19).

Neste aspecto, vários autores já estudaram a relação existente entre B e K, como já abordado no item 4. 3. 3.

Da mesma forma que no caso acima, as omissões de Mg apresentaram altos teores de B. Estes aumentos podem estar em parte sendo influenciados pelo efeito de concentração.

Neste sentido, ROCHA FILHO et al ⁶⁵ observaram que as interações calagem x P x B e calagem x B x Zn alteraram as concentrações de Mg nas folhas.

Nas omissões de Ca em *E. dunnii* e *E. grandis* em Trinita, o aumento dos teores de B não podem ser atribuídos somente ao efeito de concentração.

REEVE & SHIVE ⁶¹ observaram que existe uma relação íntima entre o metabolismo de Ca e B. OLSEN ⁵⁵ cita ainda que as plantas somente crescem normalmente quando existe um balanceamento entre a absorção de Ca e B.

Ocorreram ainda teores mais elevadas de B nas omissões de N, Zn e Cu do *E. dunnii* no solo oriundo de Mandaçaia, estes aumentos podem ter sido influenciados pelo efeito de concentração.

4.3.7 Zinco

O teor de Zn diminuiu em relação ao tratamento completo quando de sua omissão. Desta maneira os menores teores foram encontradas nas omissões deste elemento.

A concentração crítica de 11 ppm de Zn citada por COUTO et al ¹⁴ para o *E. grandis* é inferior aos teores observados neste experimento, o que justifica a ausência de sintomas encontrados nas duas espécies.

Os maiores teores de Zn observados no *E. dunnii* foram encontrados nos tratamentos de omissão de P. Os aumentos são expressivos, por exemplo no solo Trinita, observa-se uma redução da matéria seca relativa de 98,2% enquanto que o aumento relativo de Zn foi de 265% (Tabela 17).

Neste aspecto vários autores relataram o antagonismo existente entre P e Zn, (BOAWN & LEGGET⁸, EPSTEIN¹⁹, MALAVOLTA⁴⁵, MARCHNER⁴⁶, MENGEL & KIRKBY⁴⁹, OLSEN⁵⁵).

Segundo OLSEN⁵⁵ as causas e os mecanismos desta relação são desconhecidos. As pesquisas estão concentradas em 4 causas:

a) interação P-Zn no solo; b) a baixa translocação do Zn das raízes para a parte aérea; c) o efeito de diluição da concentração de Zn na parte aérea devido a resposta de crescimento ao P; d) o desequilíbrio metabólico dentro das células das plantas relacionado a um desequilíbrio entre P e Zn ou uma concentração excessiva de P que interfere nas funções metabólicas do Zn.

As omissões de K também apresentaram um aumento dos teores de Zn quando comparados ao tratamento completo. Estes aumentos podem estar sendo grandemente influenciados pelo efeito de concentração. ARNON* citado por LOUÉ ⁴¹ observou que a deficiência de Zn pode ser agravada por altos ou baixos teores de K.

* ARNON, I. *Mineral nutrition on maize. Inter. Potash Inst. Bern, 1975.*

Apresentaram ainda altos teores de Zn, provavelmente influenciados pelo efeito de concentração, as testemunhas, a omissão de B em **E. dunnii** em Trinita e a de N em **E. grandis** no mesmo solo. No entanto, o mesmo não se pode atribuir ao aumento na omissão de Cu em **E. dunnii** em solo oriundo de Trinita (Tabela 17).

4.3.8 Cobre

Os teores de Cu diminuíram em relação ao tratamento completo. No entanto, nas duas espécies outros tratamentos, como o de omissão de N, ou se igualaram ou foram inferiores aos teores encontrados nas omissões de Cu.

Segundo MARSCHNER⁴⁶, o N tem efeitos específicos nas disponibilidade e mobilidade do Cu. O nível crítico de Cu depende do suprimento de N. Também PAGEL et al⁵⁶ descreveram estreita relação entre estes dois elementos.

As omissões de P em **E. dunnii**, também apresentaram teores mais elevados de Cu quando comparados ao tratamento completo. No solo oriundo de Mandaçaia este aumento parece ter sofrido influencia do efeito de concentração, o mesmo não se pode dizer do solo Trinita, onde se observa uma redução de matéria seca relativa de 98,2%, enquanto que o aumento relativo de Cu foi de 183% (Tabela 17).

BINGHAM⁷ obteve em mudas de laranjeiras um decréscimo da concentração de Cu quando o nível de P aumentou, mas as mudas não chegaram a desenvolver sintomas de deficiência de Cu.

Ocorreram ainda aumentos no teor de Cu, provavelmente influenciados pelo efeito de concentração, nas testemunhas, nas omissões de Mg e K, em **E. dunnii** e **E. grandis** em solo oriundo de Trinita. No entanto, o mesmo não se pode atribuir as omissões de Mg e K de **E. grandis** em solo oriundo de Mandaçaia (Tabela 18).

5 CONCLUSÕES

Através das análises e interpretações dos resultados observados na presente pesquisa, pode-se concluir que:

- a) Os sintomas visuais de deficiência de N, P, Ca, Mg e B apresentaram-se de fácil caracterização.
- b) O P foi o elemento que limitou o desenvolvimento das mudas em ambos os solos, afetando negativamente todos os parâmetros morfológicos analisados (altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação H/D, peso seco aéreo e peso seco radicular).
- c) De maneira geral o N e K afetaram negativamente todos os parâmetros morfológicos acima citados.
- d) O Mg se manifestou de maneira geral como um elemento que afetou os parâmetros morfológicos analisados de forma intermediária.
- e) Nas mudas de *E. dunnii* o B apresentou um efeito depressivo no peso seco aéreo e radicular.
- f) Em geral o Ca, Zn e Cu não afetaram os parâmetros morfológicos analisados.
- g) As mudas de *E. dunnii* em solo oriundo de Mandaçaia (LVe), apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais ou inferiores a: 1,08 % de N; 0,12 % de P; 0,29 % de K; 0,20 % de Ca; 0,09 % de Mg e 37 ppm de B.
- h) As mudas de *E. dunnii* em solo oriundo de Trinita (PVa), apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais ou inferiores a: 1,13 % de N; 0,13 % de P; 0,31 % de K; 0,17 % de Ca; 0,09 % de Mg e 19 ppm de B.
- i) As mudas de *E. grandis* em solo oriundo de Mandaçaia (LVe), apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais ou inferiores a: 1,33 % de N; 0,53 % de K; 0,09 % de Mg e 20 ppm de B.

j) As mudas de *E. grandis* em solo oriundo de Trinita (PVa), apresentaram sintomas de carência quando os níveis dos elementos mostraram valores iguais ou inferiores a: 1, 11 % de N; 0, 48 % de K; 0, 09 % de Mg e 16 ppm de B.

l) As omissões de nutrientes afetaram principalmente as concentrações dos outros elementos da seguinte forma:

- Os maiores teores de N foram observados nas omissões de K e Mg;
- Os de P na omissão de K ;
- Os de K nas omissões de Ca, Mg e B;
- Os de Ca nas omissões de K e N;
- Os de Mg na omissão de K;
- Os de B nas omissões de K, Ca e Mg;
- Os de Zn nas omissões de P e K;
- Os de Cu na omissão de P.

m) Em alguns aumentos de concentrações de nutrientes observados não foram encontrados na literatura fatos que os fundamentem. Isso só vem confirmar que muitas pesquisas neste campo ainda são necessárias para que obtenhamos um total entendimento das relações entre os elementos.

APÊNDICE

TABELA 1 - ALTURA MÉDIA DA PARTE AÉREA DAS MUDAS DE *E.dunnii*, AOS 6 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	2.32	1.94	2.28	2.66	2.16	2.51
Completo	29.00	32.80	34.14	39.60	34.11	39.03
-N	20.53	21.62	20.68	21.76	27.16	16.98
-P	4.54	2.34	3.48	4.34	6.58	4.53
-K	20.26	18.59	19.29	35.86	34.94	30.25
-Ca	31.75	33.26	25.12	36.68	39.50	34.53
-Mg	22.25	20.53	24.53	35.03	30.53	34.31
-B	29.80	32.84	26.82	27.31	28.42	23.59
-Zn	27.23	35.47	32.88	27.90	32.36	27.64
-Cu	34.87	33.05	28.48	32.38	34.73	31.75

TABELA 2 - ALTURA MÉDIA DA PARTE AÉREA DAS MUDAS DE *E.grandis*, AOS 7 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	1.30	1.29	1.17	1.27	1.53	1.94
Completo	38.55	42.50	37.00	43.24	40.39	38.15
-N	16.73	18.00	12.19	16.52	18.62	16.58
-K	9.00	10.68	7.53	26.85	29.61	18.14
-Ca	39.62	46.90	33.88	33.93	44.21	36.97
-Mg	14.43	19.50	21.80	22.23	28.63	32.47
-B	34.10	45.96	37.78	38.10	40.66	41.31
-Zn	35.13	41.13	41.98	39.31	30.30	42.76
-Cu	46.32	44.58	36.55	43.82	46.10	44.03

TABELA 3 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	34.359	17.179	2.74 n.s.
Tratamentos	9	4291.463	476.829	75.96 *
Resíduo	18	112.989	6.277	
Total	29	4438.811		

Coefficiente de Variação : 9.647 %

TABELA 4 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	11.287	5.643	0.79 n.s.
Tratamentos	9	3505.637	389.515	54.60 *
Resíduo	18	128.402	7.133	
Total	29	3645.326		

Coefficiente de Variação : 11.911 %

TABELA 5 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	12.143	6.071	0.35 n.s.
Tratamentos	8	4662.148	582.768	33.70 *
Resíduo	16	276.655	17.291	
Total	26	4950.945		

Coeficiente de Variação : 13.731 %

TABELA 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO TRINITA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	108.579	54.290	4.33 *
Tratamentos	8	6160.409	770.051	61.41 *
Resíduo	16	200.644	12.540	
Total	26	6469.633		

Coeficiente de Variação : 12.988 %

TABELA 7 - DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DAS MUDAS DE *E. dunni*, AOS 6 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.56	0.40	0.39	0.56	0.45	0.42
Completo	3.01	2.99	3.34	3.14	3.62	3.41
-N	1.99	2.36	2.13	2.13	2.15	1.80
-P	0.50	0.44	0.52	0.69	0.70	0.63
-K	2.38	1.96	2.05	3.23	3.11	3.08
-Ca	2.82	2.64	2.58	3.01	3.37	3.35
-Mg	2.52	2.06	2.05	3.20	2.76	3.00
-B	2.93	2.60	2.45	2.47	2.20	2.18
-Zn	2.78	2.98	2.81	2.50	2.84	2.41
-Cu	3.01	3.16	3.12	2.98	2.86	2.94

TABELA 8 - DIÂMETRO DE COLO MÉDIO DAS MUDAS DE *E.grandis*, AOS 7 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.42	0.40	0.46	0.40	0.50	0.40
Completo	4.18	4.17	4.80	4.00	4.00	3.92
-N	2.47	2.23	2.32	2.40	2.30	2.33
-K	2.12	2.15	1.79	2.90	3.00	2.97
-Ca	4.20	4.35	4.13	3.40	3.60	3.60
-Mg	3.03	2.64	2.74	2.70	3.00	3.19
-B	3.65	4.29	4.36	3.40	3.40	3.86
-Zn	4.41	4.63	4.32	3.70	3.30	3.70
-Cu	4.76	4.26	5.15	3.90	4.52	4.21

TABELA 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.040	0.020	0.69 / n.s.
Tratamentos	9	29.161	3.240	111.94 *
Resíduo	18	0.521	0.029	
Total	29	29.722		

Coeficiente de Variação : 7.169 %

TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.066	0.033	1.11 / n.s.
Tratamentos	9	25.541	2.838	96.01 *
Resíduo	18	0.532	0.029	
Total	29	26.138		

Coeficiente de Variação : 7.871 %

TABELA 11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.107	0.053	1.70 n.s.
Tratamentos	8	30.941	3.868	123.01 *
Resíduo	16	0.503	0.031	
Total	26	31.551		

Coeficiente de Variação : 5.796 %

TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO DIÂMETRO DE COLO EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO TRINITA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.057	0.028	0.39 n.s.
Tratamentos	8	51.212	6.401	88.24 *
Resíduo	16	1.161	0.072	
Total	26	52.430		

Coeficiente de Variação : 8.226 %

TABELA 13 - RELAÇÃO H/D MÉDIA DAS MUDAS DE *E.dunnii*, AOS 6 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	4.06	5.32	6.31	4.06	4.85	6.25
Completo	10.98	10.78	10.67	12.71	9.90	11.54
-N	10.54	9.26	9.87	10.27	12.79	9.43
-P	9.81	5.34	6.83	5.95	9.13	7.07
-K	8.77	9.84	9.55	11.21	11.49	10.16
-Ca	11.65	12.50	9.81	12.40	11.88	10.69
-Mg	9.35	10.17	12.04	11.86	11.52	12.54
-B	10.29	12.70	10.97	11.32	13.04	10.85
-Zn	10.09	11.82	11.43	11.48	11.61	11.88
-Cu	11.76	10.48	9.12	10.96	12.25	11.05

TABELA 14 - RELAÇÃO H/D MÉDIA DAS MUDAS DE *E.grandis*, AOS 7 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	3.10	3.24	2.55	3.15	3.08	4.85
Completo	9.31	10.23	7.95	10.91	10.15	10.01
-N	6.75	9.01	5.29	6.90	8.08	7.12
-K	4.25	5.02	4.23	9.23	9.87	6.20
-Ca	9.40	10.61	8.16	9.96	12.08	10.13
-Mg	4.78	7.35	8.03	8.30	9.51	9.93
-B	9.30	10.62	8.57	11.09	11.32	10.02
-Zn	7.87	8.78	9.73	10.58	9.10	11.50
-Cu	9.71	10.35	7.11	11.08	10.03	9.52

TABELA 15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	3.285	1.642	1.34 n.s.
Tratamentos	9	140.499	15.611	12.81 *
Resíduo	18	21.925	1.218	
Total	29	165.709		

Coeficiente de Variação : 10.635 %

TABELA 16 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.130	0.065	0.04 n.s.
Tratamentos	9	106.357	11.817	7.08 *
Resíduo	18	30.059	1.670	
Total	29	136.546		

Coeficiente de Variação : 13.272 %

TABELA 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.863	0.431	0.35 n.s.
Tratamentos	8	128.089	16.011	13.16 *
Resíduo	16	19.458	1.216	
Total	26	148.410		

Coeficiente de Variação : 12.218 %

TABELA 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA RELAÇÃO H/D EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO TRINITA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	9.685	4.842	4.84 *
Tratamentos	8	135.655	16.957	16.98 *
Resíduo	16	15.980	0.999	
Total	26	161.320		

Coeficiente de Variação : 13.472 %

TABELA 19 - PESO SECO AÉREO MÉDIO DAS MUDAS DE *E.dunnii*, AOS 6 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.016	0.014	0.010	0.011	0.012	0.012
Completo	1.370	2.022	1.869	2.045	2.542	2.196
-N	0.613	0.968	0.745	0.735	0.731	0.504
-P	0.034	0.022	0.036	0.038	0.051	0.041
-K	0.901	0.664	0.671	1.689	1.454	1.875
-Ca	1.547	1.506	1.707	1.768	2.313	2.601
-Mg	0.956	0.575	0.765	1.610	1.702	1.532
-B	1.432	1.075	0.931	0.998	0.781	0.806
-Zn	1.278	1.343	1.245	0.850	1.001	1.180
-Cu	1.797	1.600	1.705	1.352	1.354	1.820

TABELA 20 - PESO SECO AÉREO MÉDIO DAS MUDAS DE *E.grandis*, AOS 7 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.005	0.005	0.005	0.004	0.006	0.005
Completo	4.007	2.661	3.529	2.753	2.176	2.287
-N	0.688	0.646	0.554	0.555	0.627	0.645
-K	0.655	0.529	0.395	1.766	1.501	1.214
-Ca	3.356	3.910	3.000	2.024	2.155	2.600
-Mg	0.985	1.151	1.248	1.309	1.455	1.727
-B	3.126	3.008	3.593	2.694	2.319	2.819
-Zn	3.130	3.535	3.451	2.264	2.011	2.956
-Cu	4.009	2.970	4.562	2.670	3.008	3.592

TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO AÉREO MÉDIO EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.109	0.054	1.31 n.s.
Tratamentos	9	17.593	1.955	47.21 *
Resíduo	18	0.745	0.041	
Total	29	18.447		

Coefficiente de Variação : 17.145 %

TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO AÉREO EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO TRINITA.

Varição	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.003	0.002	0.05 n.s.
Tratamentos	9	10.763	1.196	36.91 *
Resíduo	18	0.583	0.032	
Total	29	11.349		

Coefficiente de Variação : 18.354 %

TABELA 23 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO AÉREO EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.395	0.197	2.47 n.s.
Tratamentos	8	24.288	3.036	38.01 *
Resíduo	16	1.278	0.080	
Total	26	25.961		

Coeficiente de Variação : 15.524 %

TABELA 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO AÉREO EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.228	0.114	0.65 n.s.
Tratamentos	8	58.052	7.256	41.52 *
Resíduo	16	2.796	0.175	
Total	26	61.076		

Coeficiente de Variação : 19.231 %

TABELA 25 - PESO SECO RADICULAR MÉDIO DAS MUDAS DE *E. dunnii*, AOS 6 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.007	0.006	0.007	0.005	0.005	0.005
Completo	0.339	0.730	0.444	0.408	0.488	0.426
-N	0.266	0.461	0.327	0.191	0.185	0.158
-P	0.016	0.008	0.021	0.010	0.010	0.015
-K	0.238	0.163	0.174	0.323	0.345	0.391
-Ca	0.474	0.431	0.467	0.338	0.394	0.493
-Mg	0.302	0.176	0.247	0.398	0.311	0.405
-B	0.302	0.233	0.207	0.217	0.135	0.151
-Zn	0.269	0.301	0.311	0.168	0.272	0.304
-Cu	0.473	0.445	0.386	0.301	0.270	0.372

TABELA 26 - PESO SECO RADICULAR MÉDIO DAS MUDAS DE *E. grandis*, AOS 7 MESES.

Tratamento	Trinita (PVa)			Mandaçaia (LVe)		
	BL1	BL2	BL3	BL1	BL2	BL3
Testemunha	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
Completo	1.091	0.623	0.927	0.669	0.483	0.656
-N	0.240	0.169	0.197	0.324	0.238	0.288
-K	0.096	0.096	0.084	0.373	0.289	0.304
-Ca	0.632	0.961	0.698	0.370	0.575	0.515
-Mg	0.112	0.179	0.279	0.252	0.376	0.346
-B	0.428	0.486	0.669	0.426	0.499	0.716
-Zn	0.729	0.901	0.656	0.560	0.484	0.573
-Cu	0.758	0.717	0.901	0.545	1.041	1.089

TABELA 27 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO RADICULAR EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.007	0.004	1.84 n.s.
Tratamentos	9	0.659	0.073	36.37 *
Resíduo	18	0.036	0.002	
Total	29	0.702		

Coeficiente de Variação : 17.957 %

TABELA 28 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO RADICULAR EM MUDAS DE *E.dunnii* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.007	0.004	0.54 n.s.
Tratamentos	9	0.798	0.089	13.65 *
Resíduo	18	0.117	0.006	
Total	29	0.922		

Coeficiente de Variação : 29.376 %

TABELA 29 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO RADICULAR EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO MANDAÇAIA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.052	0.026	1.74 n.s.
Tratamentos	8	1.489	0.186	12.43 *
Resíduo	16	0.239	0.015	
Total	26	1.780		

Coefficiente de Variação : 27.522 %

TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO PESO SECO RADICULAR EM MUDAS DE *E.grandis* NO SUBSTRATO TRINITA.

Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	2	0.007	0.003	0.20 n.s.
Tratamentos	8	2.875	0.359	21.66 *
Resíduo	16	0.265	0.016	
Total	26	3.147		

Coefficiente de Variação : 27.517 %

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - AMBERGUER, A. Pflanzenernährung, ökologie und physiologische grundlagen. Stuttgart, Eugen Ulmer, 1979. 237 p.
- 02 - BALLONI, E. A. Efeitos da fertilização mineral sobre o desenvolvimento de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret et Golfari em solo de cerrado do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1984. 121 p. Dissertação, Mestrado em Solos e Nutrição de plantas, ESALQ.
- 03 - BARROS, N. F. ; NOVAIS, R. F. de; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. Informativo Agropecuário, 12(14):15-9, 1986.
- 04 - BARROWS, H. L. Evaluating the micronutrient requeriments of trees. In: Mineral nutrition of trees, 1959. p. 18-31.
- 05 - BASSON, W . D. et al. An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. Analyst, 94:1135-41, 1969.
- 06 - BELLOTE, A. F . J. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade. Piracicaba, 1979, 129 p. Dissertação, Mestrado em solos e Nutrição de plantas, ESALQ.
- 07 - BINGHAM, F. T. Relation between phosphorus and micronutrients in plánts. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27: 389-91, 1963.
- 08 - BOAWN, L. C. & LEGGETT, G. E. Phosphorus and zinc concentrations in Russet Burbank potato tissue in relation to development of zinc deficiency symptoms. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 28:229-32, 1964.
- 09 - BÖHM, W. Methods of studying root systems. Lahn-Giessen, Bruhlsche Universitätsdruckerei, 1979. 188 p.
- 10 - BOUYOUCOS, G. J. Estimation of the colloidal material in soils. Science, 64:362, 1926.
- 11 - CARNEIRO, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de *Pinus taeda* para plantio definitivo. Curitiba, 1976. 70 p. Dissertação, Mestrado em Silvicultura, UFPR.

- 12 - CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais que afetam os parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. Série Técnica FUPEF, Curitiba, n. 12, 1983. 40 p.
- 13 - CARNEIRO, J. G. A. Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio. Curitiba, 1985. 123 p. Tese Prof. Titular do Depto. de Silvicultura e Manejo, UFPR.
- 14 - COUTO, C. ; NOVAIS, R. F. ; BARROS, N. F. ; NEVES, J. C. L. Resposta do eucalipto à aplicação de zinco em amostras de solos de cerrado. Revista Árvore, 9(2):134-48, 1985.
- 15 - DANIELS, F. W. Nursery fertilizer experiments in *Eucalyptus grandis* and *Pinus taeda*. Forestry in South Africa, 17:57-61, 1975.
- 16 - DARST, B. C. & WALLINGFORD G. W. Interrelationships of potassium with cultural and manegement practices. In: MUNSON, R. D. Potassium in agriculture. Madison; ASA-CSSA-SSSA, 1985. p. 559-73.
- 17 - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA & INSTITUTO AGRONÔMICO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, 1984. 791p. (Boletim Técnico, 16).
- 18 - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. n. p.
- 19 - EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. USA; John Wiley & Sons, 1972. 412p.
- 20 - FIALA, K. Direkte bestimmung von Bor im pflanzenmaterial nach der kurkuminmethode. Plant and soil, 38:473-6, 1973.
- 21 - FIEDLER, H. J. et al. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Stuttgart; Gustav Fischer Verlag, 1973. 481 p.

- 22 - FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Classificação de sítio para Araucaria angustifolia, Pinus taeda e Pinus elliottii no 2º Planalto do Paraná. Curitiba, v. 2, 1990. 157 p.
- 23 - FINCK, A. Dünger und düngung: Grundlagen, Anleitung zur Düngung der kulturpflanzen. Weinheim; Verlag Chemie, 1978. 441 p.
- 24 - GOLFARI, L. et al. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. Belo Horizonte, Minas Gráfica, 1978. 66p.
- 25 - GONZALES ESPARCIA, E. & GARCIA NUNO, J. J. Some aspects of N nutrition in eucalipt seedling. Ann Inst. For. Invest. Exp., 36:(9):81-101, 1964.
- 26 - HAAG, H. P. ; MELLO, F. A. F. ; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. ; ACCORSI, W. R. ; MALAVOLTA, E. ARZOLLA, S. Estudos sobre a alimentação mineral do eucalipto: sintomas das deficiências dos macronutrientes e composição mineral. In: Conferência mundial do eucalipto, 2, São Paulo: Irmãos Di Giorgio, 1961, 926-32.
- 27 - HADAS, A. & HAGIN, J. Boron adsorption by soils as influenced by potassium. Soil Science, 113:189-93, 1972.
- 28 - HILDEBRAND, C. Manual de análise química de solos e plantas. Curitiba, s. ed. , 1977. 225 p.
- 29 - HSIAO, T. C. ; HAGEMAN, R. H. ; TYNER, E. H. Effects of potassium nutrition on protein and total free amino acids in *Zea mays* Crop Science, 10 (1):78-82, 1970.
- 30 - HUBER, D. M. & ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R. D. Potassium in agriculture. Madison; ASA-CSSA-SSSA, 1985. p. 467-88.
- 31 - HUSSAIN, A. M. M. & THEAGARAJAN, K. S. Preliminary studies in the mineral nutrition of *Eucalyptus* "hybrid" seedlings. Indian Forester, 92(5): 285-92, 1966.
- 32 - KAUL, O. N. ; SRIVASTAVA, P. B. L. ;BORA, N. K. S. Nutrition studies on *Eucalyptus* I: Diagnosis of mineral deficiencies in *Eucalyptus* "hybrid" seedlings. Indian Forester, 92(4): 264-68, 1966.

- 33 - KAUL, O. N. ; SRIVASTAVA, P. B. L. :MATHUR, H. M. Nutrition studies on Eucalyptus II: N, P, K requeriments of **Eucalyptus "hybrid"** seedlings. Indian Forester, 92(12):772-8, 1966.
- 34 - KAUL, O. N. ; SRIVASTAVA, P. B. L. ; TANDON, V. N. Nutrition studies on Eucalyptus III: Diagnosis of mineral deficiencies in **Eucalyptus grandis** seedlings. Indian Forester, 94(11): 831-4, 1968.
- 35 - KAUL, O. N. ; SRIVASTAVA, P. B. L. :TANDON, V. N. . Nutrition studies on Eucalyptus IV: Diagnosis of mineral deficiencies in **Eucalyptus globulus** seedlings. Indian Forester, 96(6): 453-6, 1970.
- 36 - KRAMER, P. J. & KOSLOWSKI, T. T. Nutrição mineral e absorção de sais. In: KRAMER, P. J. & KOSLOWSKI, T. T. Fisiologia das Árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. p. 270-328.
- 37 - LACEY, C. J. ; LEAF, A. L. :TALLI, A. R. Growth and nutrient uptake by flooded gum seedlings subjected to various phosphorus supplies. Australian Forestry, 30, (3): 212-22, 1966.
- 38 - LASO GORICOÏTS; L. S. Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de **Pinus taeda** L. em Telêmaco Borba (PR). Curitiba, 1990. 128 p. Dissertação, Mestrado em Silvicultura, UFPR.
- 39 - LÄUCHLI, A e PFLÜGER, R. Potassium transport through plant cell membranes and metabolic role of potassium in plants. In: Congress of International Potash Institute, 11. , bern, Der Bund, 1978, Potassium research review and trends, Bern, Der Bund, 1978. p. 111-63.
- 40 - LIMSTROM, G. A. Forest planting practice in the Central States Washington. U. S. Forest Service, 1963, 69p. (Agric. Handbook, 247).
- 41 - LOUÉ, A. The interaction of potassium with other growth factors, particulary with other nutrients. In:Congress of International Potash Institute, 11. , Bern, 1978, Potassium research review and trends. Bern, Der Bund, 1978. p. 407-33.
- 42 - MAACK, R. Geografia fisica do Estado do Paraná. Curitiba, s. ed. 1968. 350 p.

- 43 - MALAVOLTA, E. ; HAAG, H. P. ; MELLO, F. A. F. ; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974. 727 p.
- 44 - MALAVOLTA, E. ; TRANI, P. E. ; ATHAYDE, M. F. ; BRAGA, N. R. ; NOGUEIRA, S. S. S. ; MORAES, S. A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero **Eucalyptus**. Revista de Agricultura, **53** (4): 243-7, 1978.
- 45 - MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- 46 - MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press Inc. Ltda, 1986. 674 p.
- 47 - MARZO, M. T. & MARCOS, J. Importância de los cultivos hidropónicos en programas forestales. Montes, **156**, p. 405-9, 1970.
- 48 - MENGEL, K. Ernährung und Stoffwechsel de Pflanze. 6 ed. Stuttgart, Gustav Fischer, 1984. 431 p.
- 49 - MENGEL, K & KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4 ed. Bern, Potash Institute, 1987. 687 p.
- 50 - MINERAIS DO PARANÁ. Mapa geológico do Estado do Paraná. Curitiba, DNPM/Mineropar, 1989. 1 mapa 98, 5 x 110, 0 cm. Escala 1:650. 000.
- 51 - NOVELINO, J. O. ; NEVES, J. C. L. ; BARROS, N. F. ; NOVAIS, R. F. ; MUNIZ, A. S. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. Revista Árvore, **6**(1):45-51, 1982.
- 52 - NOVAIS, R. F. ; REGO, A. K. ; GOMES, J. M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de **Eucalyptus grandis** W. Hill ex Maiden e de mudas de **Eucalyptus cloëziana** F. Muell. Revista Árvore, **4**, (1):14-23, 1980.
- 53 - NOVAIS, R. F. ; BARROIS, N. F. ; NEVES, J. C. L. ; COUTO, C Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. Revista Árvore **6**(1):29-37, 1982.

- 54 - NOVAIS, R. F. ; BARROS, N. F. ; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: NAIRAM, F. de B. & NOVAIS, R. F. Relação Solo-Eucalipto. Viçosa, 1990. p. 25-98.
- 55 - OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J. J. ; GIORDANO, P. M. ; LINDSAY, W. L. Micronutrients in agriculture. 2 ed. Madison, Soil Science S. of America Inc. , 1973, p. 243-61.
- 56 - PAGEL, H. ; ENZMANN, J. ; MUTSCHER, H. Pflanzen nährstoffe in tropischen Böden ihre bestimmung und bewertung. Berlin, UEB Deutsher Landwirtschaftsverlag, 1982. 272 p.
- 57 - PARANÁ, Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Normas de produção de sementes de mudas frutíferas e florestais. Curitiba, s. ed, 1981. 103 p.
- 58 - PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 5 ed. Piracicaba, Nobel, 1973. 430 p.
- 59 - POPIGINIS, F. Fisiologia da semente. Brasília, Agiplan, 1977. 289 p.
- 60 - RAIJ, B. von & QUAGGIO, J. A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1985. 107 p. (Boletim Técnico, 81).
- 61 - REEVE, E. & SHIVE, J. W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition . Soil Science, 57: 1 -14, 1944.
- 62 - ROCHA FILHO, J. V. de C. ; HAAG, H. P. ; OLIVEIRA, G. D. de Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em **Eucalyptus urophylla**. Anais ESALQ, 35:19-34, 1978.
- 63 - ROCHA FILHO, J. V. de C. ; HAAG, H. P. ; OLIVEIRA, G. D. de; SARRUGE, J. R. Influência do boro no crescimento e na composição química do **Eucalyptus grandis**. Brasil Florestal, 39:29-33, 1979.
- 64 - ROCHA FILHO, J. V. eC. ; SARRUGE, J. R. ; HAAG, H. P. ; OLIVEIRA, G. D. de Efeitos da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem na altura e na produção de matéria seca em mudas de **Eucalyptus grandis** Hill ex-Maiden, cultivadas em um solo de cerrado. Anais ESALQ, 36: 483-92, 1979 .

- 65 - ROCHA FILHO, J. V. deC. ; SARRUGE, J. R. ; HAAG, H. P. ; OLIVEIRA, G. D. de
Efeitos da aplicação de fósforo, zinco, boro e calagem no teor de macronutrientes
das folhas de mudas de **Eucalyptus grandis** Hill ex-Maiden, cultivadas em um
solo de cerrado. Anais ESALQ, 36: 493-507, 1979.
- 66 - SANTOS FILHO, A & ROCHA, H. O. Principais características dos solos que influem
no crescimento de **Pinus taeda** L. no 2º Planalto paranaense. Revista do Setor de
Ciências Agrárias, 9: 107-111, 1987.
- 67 - SAVORY, B. M. Boron deficiency in **Eucalyptus** in Northern Rhodesia. Empire For.
Review, 41(2): 118-26, 1962.
- 68 - SILVICULTURE; tree nutrition and soil fertility. Rep. For. Res. Inst. N. Z. For. Serv,
25/26, 1965. Forestry Abstracts, v. 27, n 4, p. 623, 1966. Ref 5525. (Resumo).
- 69 - SCHIMDT-VOGT, H. Wachstum und qualität von Forstpflanzen. München, B.
Landwirtschaftsverlag, 1966. 210 p.
- 70 - SHORROCKS, V. M. Boron deficiency: its prevention and cure. S. n. t. 43 p.
- 71 - SHUBERT, G. H. & ADAMS, R. S. Reforestation practices for conifers in California.
Sacramento, Resources Agency, 1971. 357 p.
- 72 - STOECKELER, J. H. & SLABAUGH, P. E. Conifers nursery practice in the Lake
States. U. S. Forest Service, 1965. 93 p(Agric. Handbook, 279).
- 73 - SWAN, H. S. D. The fertilization of man-made forest. In: FAO world symposium on
man-made forest and their industrial importance. Rome, v. 1, 1967, p. 422-32.
- 74 - TOKESHI, H. ; GUIMARÃES, R. F. ; TOMAZELLO FILHO, M Deficiência de boro
em **Eucalyptus** em São Paulo. Summa Phytopathologica, 2(2): 122-26, 1976.
- 75 - USHERWOOD, N. R. The role of potassium in crop quality. In: MUNSON, R. D.
Potassium in agriculture, Madison, ASA-CSSA-SSSA, 1985. p. 489-513.
- 76 - WALKER, L. C. & HATCHER, R. D. Variation in the ability of slash pine progeny
groups to absorb nutrient. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29(5): 616-21, 1965.
- 77 - WALLACE, C. B. E. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual
symptoms. 3 ed. London, Her Majesty's Stationery Office, 1961. 125 p.

- 78 - WILL, G. M. Some notes on nutrient deficiency in Eucalyptus spp. In: Conferência mundial do eucalipto, 2. , . São Paulo, Irmãos Di Giorgio, 1961; p. 938-41.
- 79 - WILL, G. M. Anomalias nos crescimentos de mudas de eucalipto provocadas por carências em elementos nutritivos. Fertilité, 19: 3-12, 1963.
- 80 - ZANI FILHO, J.; BALLONI, E. A.; STAPEW, J. L. Viveiro de mudas florestais: análise de um sistema operacional atual e perspectivas futuras. Circ. Técnica IPEF, 168:1-15, 1989.